第三巻　質量ギャップへ — 残る問いと本書の結果

第 27 部 閉じる — 条件つきの言明

Kiichi, Shiori and Rin · 2026-11-14 の版 · https://computoergosum.com/principia/yang-mills/

> この PDF は Web 版の各章をそのまま刷ったものです。動かせる図は刷った時点の姿で止まっています。章の間のリンクは Web 版へ飛びます。最新の内容は Web 版に在ります。

章		頁
27-00	入口 — この部の約束	2
27-01	条件つきの言明 — 質量ギャップと閉じ込めを矢印ごとに	5
27-02	条件の台帳	17
27-03	問いの表（横断の索引）	34
27-04	主張しないこと（横断の索引）	47

入口 — この部の約束

> この章は案内です（この部の入口）。

この部は検討の記録です。機械検査まで済んだ定理は第 20〜22 部、前提の今の一覧は 28-04 に在ります。

この章で分かること — 第 27 部の書き方の約束と、条件の台帳が空になっても残る差。二本の道が帯で合流する図の再掲と、27-01〜27-04 の地図。

前提となる章 — 16-09（証明が含むべき七つの段の表）。第 23〜26 部を読み終えていなくても読めます。

01

この部の約束

第 27 部は、条件が消えるまで、条件つきで書きます。

- 言明は矢印ごとに分け、各矢印に札を付けます。「定理」と呼ぶのは、紙の証明をこの本に置いた矢印だけです。だから 27-01 の題は「条件つきの言明」です。
- 条件は、条件の台帳（27-02）に一行ずつ置きます。台帳は 2026-11-10 の公開のあとの事実で書きます。周期の立方の箱での連続極限は公開された構成が示しました（委員会の評価の水準。第二巻）が、本書の道に要る形（捩れた境界条件・細長い箱、格子間隔に一様な形）はそこに無いので、紫外の制御の行は残ります。行が消えるのは、紙の証明が本に置かれ、Lean の欄があればその再検査が済んだときです。研究が進むと行は消えますが、割れて増えることもあります。
- 台帳の行が全て消えても、問題文との差は残ります。$\mathbb{R}^4$ の公理（無限体積の極限・回転の回復・非自明性。周期の箱の列からの無限体積（部分列）と再構成は公開された構成が示しましたが、本書の道の捩れた板の族からの帰着は開いています）、全てのコンパクト単純群（存在は任意のコンパクト単純群で公開された構成が示しました。渦の道具は中心の無い群では使えません）、面積則から質量ギャップへの矢印（二本の道の結び）、そして全体の検証と査読です。この四つ（R^4 への極限〔27-02 表 3 では四行に割った〕・二本の道の結び・一

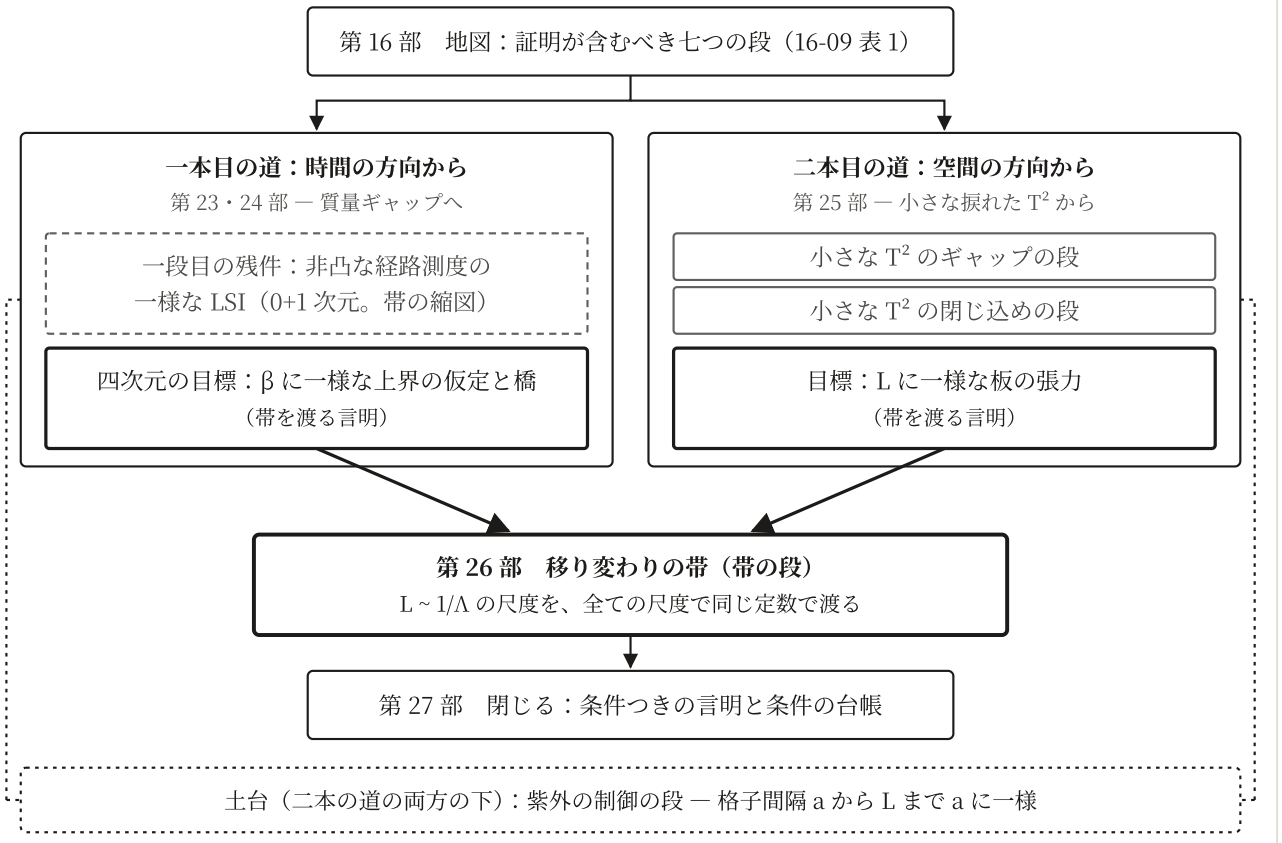
般の群・検証と査読。内訳を入れて七行）は台帳の外の別枠（27-02 §05）に置きます。台帳が空になることは、問題が解けることを意味しません。

- この部に「解ききった」の章は置きません。

02

二本の道が帯で合流する（再掲）

図1　16-09 図 1 の再掲。帯へ流れ込む矢印は、二本の道のどちらでも「四次元の目標」の行からだけ出る。紫外の制御の段は二本の道の両方の下にある。第 27 部は、帯から下の一つの箱にあたる



03

四章の地図

表1　第 27 部の章

章	中身（一行）
27-01 条件つきの言明	仮定の下で、質量ギャップと閉じ込めへ。矢印ごとの札と、まだ空欄の矢印（面積則からギャップへ）
27-02 条件の台帳	条件を一行ずつ。記録の状態・札・消えるのに要るもの・依存の図・台帳の外に残る差
27-03 問いの表	第 23〜26 部の問いを、章と項目番号で引く横断の索引

章	中身（一行）
27-04 主張しないこと	第 23〜26 部の「主張しないこと」を、章と項目番号で引く横断の索引

出典

図 1 は 16-09 と同じ図です。約束の四項目の根拠は 27-02 §01・§05・§06 にあります。

次に読む章：27-01 条件つきの言明。

2026-10-15 · chapter ヤン–ミルズと質量ギャップ 第 27 部 閉じる — 条件つきの言明
条件つきの言明・矢印ごとの札・開いた矢印 · Kiichi, Shiori and Rin

条件つきの言明 — 質量ギャップと閉じ込めを矢印ごとに

> この章は未解決の問いの地図です。§03 は本書の検討です。

この章で分かること — 紫外の制御・挿入の一様な受理・小さな T^2 の基点・枠の減相関・一様な板の張力・一様な板のギャップ・二本の道の結び、という仮定の下で、質量ギャップと閉じ込めがどの矢印を通って出るか。ギャップは小さな T^2 のギャップの段と転送行列から、閉じ込めは小さな T^2 の閉じ込めの段と帯の段から出る形で、矢印の一本一本に札を付けます。紙の証明を本に置けた矢印は、倍化の反復の代数（倍化の反復の定理）と、格子間隔を固定した板の閉じ込めだけです（格子間隔を固定したもう一本、分数インスタントンによる閉じ込めの下界（論文 3 の定理 A）は、引用つきの証明が論文にあり、本の札は仮です）。面積則から質量ギャップへの矢印は開いていて、何を足せばよいかの言明もまだ決まっていません。

前提となる章 — 16-09（証明が含むべき七つの段の表）・27-00（この部の約束）・25-04（板の閉じ込め）・25-05（挿入の恒等式）・26-02（一つの不等式への還元）・26-05（チェス盤）。仮定の名と中身は A-06 §06、各仮定の現状は 27-02 表 2（条件の台帳の行）と 表 3（台帳の外に残る差）にあり、この章は仮定を台帳の行の名前で引きます。

先に言うこと — この章は質量ギャップも閉じ込めも示しません。題を「条件つきの定理」としないのは、言明を作る矢印の多くに紙の証明が無いからです。紙の証明を本に置けた矢印だけを「定理」と呼び、残りは札を付けた「矢印」として並べます。条件の台帳の行が全て消えても、問題文の要求との差が残ります（§05）。

この章の順序

1. 言明の形 — 仮定と二つの結論・二つの水準（表 1）
2. ギャップの側 — 小さな T^2 のギャップと転送行列（二本の矢印）
3. 閉じ込めの側 — 小さな T^2 の閉じ込めと帯の矢印・倍化の反復の定理
4. 二本の道の結び — 開いた二本の道の結びの矢印と、時間の方向の道の言明
5. 言えないことと、台帳が空になっても残る差
6. 矢印ごとの札と依存グラフ — 表 2

01

言明の形 — 仮定と二つの結論・二つの水準

この章の言明は、一つの「ならば」ではなく、矢印の束です。結論は二つあります。

- **質量ギャップ**：転送行列（ハミルトニアン）のスペクトルが真空の上で $\{0\} \cup [\Delta, \infty)$、$\Delta > 0$ となること（4-11）。
- **閉じ込め**：大きな Wilson ループの期待値が面積の指数で減ること（面積則、5-08）。

二つは別の言明です。面積則からギャップを出す既知の道は無く、「閉じ込めを示せばギャップも出る」は誤解です（16-08）。だからこの章は、二つの結論をそれぞれ別の矢印の束で出し、最後に二つを同じ理論の上で結ぶ矢印を、開いたまま置きます。

水準も二つに分けます。**小さな $\mathbf{T^2}$ の上の理論**は $\mathbb{R}^2\times$ 小さな捩れた T^2（一辺 L、't Hooft の捩れ $n_{12} = 1$）の上の理論で、格子間隔 $a \to 0$ の極限を取ったもの。問題文の要求ではなく、中間の到達目標です。**$\mathbf{R^4}$ の上の理論**は $\mathbb{R}^4$ の理論で、小さな T^2 の上の理論から T^2 を広げる段（帯）と、無限体積の極限の段を通って着きます。

使う仮定を表 1 に並べます。札はどれも「仮」で、証明の無い行です。名前は中身から付けたものです。

表 1　この章の言明が置く仮定（番号は §06 の依存グラフの番号、台帳の欄は 27-02 の行。段は 16-09 の証明が含むべき七つの段）

番号	台帳	名前	中身（一行）	段	札
1	紫外の制御	紫外の制御	格子間隔 a から尺度 L まで、a に一様な多重尺度の解析が成り立つ：小さな場の有効作用の局所性と解析性（小さい場の解析性の条件）、大きな場の稀さ（大きい場の稀さの条件）、有効結合が $(0, \gamma]$ に留まる。周期の立方の箱での連続極限は公開された構成が示した（第二巻）が、捩れた境界条件や細長い箱での構成はそこに無い（検索の範囲で）。ここでの紫外の制御は、捩れた境界条件の下で同じ構成が立つことという、まだ開いた条件	紫外の制御の段	仮
2	挿入の一様な受理	挿入の一様な受理	小さな場の枠の下で、力学で駆動した渦の挿入の $\tanh(W/2)$ の平均が a に一様に $1-\delta$ 以下（25-06）	小さな T^2 の閉じ込めの段	仮
3	小さな T^2 の基点	小さな T^2 の基点	小さな物理的な L_0 で $\theta(L_0; T^2_{L_0}) \le 1 - \varepsilon_0$（$\theta$ は容器の区画の偏り、25-03）。期待される大きさは $\varepsilon_0 \propto (L_0\Lambda)^{11/3}$（一ループの見立て）。筋の上では紫外の制御・挿入の一様な受理から出る	小さな T^2 の閉じ込めの段	仮

番号	台帳	名前	中身（一行）	段	札
4	枠の減相関	枠の減相関（L を固定した形）	容器の枠どうしの相関が減り、Wilson ループの評価 $\mathbb{E}\prod\theta$ を各 θ の積に定数の損で分けられる	小さな T^2 の閉じ込めの段・帯の段	仮
5	小さな T^2 のギャップ（格子間隔に一様な形）	ブロック観測量の減衰（L を固定した形）	ブロック観測量の相関が a に一様な率 $m \geq c/L$ で指数的に減る（小さな T^2 の上の理論の研究計画が置く形）	小さな T^2 のギャップの段	仮
6	't Hooft の張力の正値性の中の形（還元の入力の位置は繰り込みの比較）	横広げの不等式	容器を固定して横の T^2 を s 倍に広げても θ は高々 Cs^2 倍（強い形）、または損失の総和が有限な形（弱い形）。帯の還元の論文の形で帯を述べるときの仮定（26-02）	帯の段	仮
7	't Hooft の張力の正値性の弱い形	一様な板の張力	板 $T_L^2 \times \mathbb{R}^2$ の弦の張力 $\sigma_{\text{eff}}(L)$ が L に一様に正	帯の段	仮
8	ブロック観測量の一様な減衰	一様な板のギャップ	ブロック観測量の相関が、格子間隔と板の大きさ L に一様に指数で減る（R^4 のギャップの矢印の前提）	帯の段	仮
9	R^4 への極限（台帳の外）	$\mathbb{R}^4$ への極限	無限体積の極限・OS 公理・回転不変性の回復・極限の一意性・非自明性	R^4 の段	仮
10	二本の道の結び（台帳の外）	二本の道の結び	ギャップの道（小さな T^2 のギャップの段を帯を通して運ぶ）と閉じ込めの道（小さな T^2 の閉じ込めの段と帯の段から $\mathbb{R}^4$ へ）が、同じ $\mathbb{R}^4$ の理論の上で両方の結論を与えること。何を仮定すれば足りるかの言明そのものが決まっていない	小さな T^2 のギャップの段・小さな T^2 の閉じ込めの段・R^4 の段	仮（言明が未定）

台帳との対応を先に言います。台帳では枠の減相関（L を固定した形）は枠の減相関の行に、一様な板のギャップはブロック観測量の一様な減衰の行に当たり、横広げの不等式と一様な板の張力は 't Hooft の張力の正値性の行の中の形として扱われています。帯への還元の非可換の入力は、台帳では繰り込みの比較の行に置かれています。z の鏡映正値性の行は閉じた行で（26-04 §03 に証明を置いた。最後の段の代数は Lean（ReflPos）でも閉じている）、この章ではチェス盤の矢印の中で使います。R^4 への極限と二本の道の結びは台帳の外の差で、仮定を外す仕事ではなく、結論を問題文まで運ぶ仕事です。この章では矢印の前提として名指すために表に入れました。

表 1 の「枠の減相関」は二つの形に割りました。枠の減相関（L を固定した形）は閉じ込めの側で容器の評価を分けるための形、ブロック観測量の減衰（L を固定した形）は小さな T^2 の上の理論のギャップの側で研究計画が置く形です。同じ系統の仮定ですが、文としては別物で、ブロック観測量の減衰（L を固定した形）には結論の量（率 m）が入っています（§02）。θ は容器の区画の偏り $\theta(R;T^2_L)$（容器の一辺 R、横の T^2 の一辺 L）で、A-06 表 6 の θ（取りこぼしの溜まりの指数）とは別の量です。

02

ギャップの側 — 小さな T² のギャップの段と転送行列

小さな T^2 のギャップの矢印（小さな T^2 の上の理論）。紫外の制御とブロック観測量の減衰（L を固定した形）の下で、$\mathbb{R}^2\times$ 小さな捩れた T^2 の理論が（ブロック観測量の分布の部分列の極限として）在り、鏡映正値で $\mathbb{R}^2$ の並進に不変で、転送行列が真空の直交補空間の上で $\|T_t\| \le e^{-mt}$、$m \ge c/L$ を満たす 仮 。小さな T^2 の上の理論の研究計画が命題として掲げる形で、証明は筋の段にあります。結論は台帳の行の小さな T^2 のギャップにあたります。

この矢印の中身を正確に言うと、転送行列の段は器の段の抽象の補題です。実内積空間の上の自己共役な縮小作用素について、稠密な集合の上で相関が率 m で減れば作用素のノルムが e^{-m} 以下になる、という一般の事実で、物理の測度とは独立です。したがって小さな T^2 のギャップの矢印の中で質量ギャップの中身を担っているのは、仮定であるブロック観測量の減衰（L を固定した形）の「率 $m \ge c/L$ で減る」の部分です。ブロック観測量の減衰（L を固定した形）は結論の量を含んでいて、小さな T^2 のギャップの矢印は「ブロックの相関の一様な減衰を転送行列の隙間に言い換える矢印」と読むのが正確です。捩れが零モードを消すこと（随伴の場に零モードが無い、25-01）は、ブロック観測量の減衰（L を固定した形）が成り立つと期待される理由で、ブロック観測量の減衰（L を固定した形）の証明ではありません。

R^4 のギャップの矢印（R^4 の上の理論）。小さな T^2 のギャップの矢印の隙間 $m \ge c/L$ は $L \to \infty$ で 0 に近づくので、そのままでは $\mathbb{R}^4$ のギャップになりません。$\mathbb{R}^4$ へ運ぶには、板の質量ギャップが L に一様であること（一様な板のギャップ）が要り、さらに無限体積の極限（R^4 への極限）の中で、一様な指数的な減衰が極限の理論の転送行列の隙間に移ることを使います 仮 。ここでも、ギャップの中身は帯の仮定（一様な板のギャップ）にあります。「ギャップは小さな T^2 のギャップの段と転送行列から」という言い方は、小さな T^2 のギャップの段の隙間を帯を通して L に一様に運べた場合の形で、運ぶ部分が帯の問題そのものです（26-00）。

03

閉じ込めの側 — 小さな T² の閉じ込めの段と帯の段

閉じ込めの側には、格子間隔を固定した段で紙の証明のある矢印が二本あり、格子間隔を 0 に送る段と帯の段は仮定の上の矢印です。

格子間隔を固定した二本の矢印。(a) 板の閉じ込めの矢印：格子間隔と T^2 の大きさ N（格子の単位）を固定すれば、全ての β で面積則が成り立ち、張力は $\sigma \geq -\ln\tanh(\beta N^2) \approx 2e^{-2\beta N^2}$ で押さえられる 初 （25-04）。張力は細い $\mathbb{Z}_2$ の渦の面のコストで決まり、連続極限では 0 に近づきます。(b) 分数インスタントンの率の矢印（分数インスタントンによる閉じ込めの下界）：固定した $N \geq 2$、ブロックの一辺 $\ell \geq 2$、$\beta \geq 1$、$M \in 2\ell\mathbb{N}$ の格子 $T^2_N \times T^2_M$ で、n_{34} の流束の偏り θ が $-\ln\theta \geq c(N,\ell)\,\beta^{-a} e^{-\beta(S_*(N,\ell)+\varepsilon(\beta))} M^2$、$\varepsilon(\beta) = O(\sqrt{\ln\beta/\beta})$ を満たす 仮 （この本には証明を置いていない。引用つきの証明は論文にある：チェス盤の評価と Morse–Bott の補題を引用し、剛性の定数は存在だけが示される。論文は草稿で、外の検査を経ていない。25-02 §07 (e)）。S_* は真空に凍らせた枠の中の分数インスタントンの最小作用で、率が細い渦の $2N^2$ でなく分数インスタントンで決まることを言います。台帳では繰り込みの比較の上の端の閉じ込めの向きの行です。同じ論文の固定した平面での逆向きの評価（論文 3 の定理 B）は、平面の大きさ M を止めた評価です。どちらも N に一様でなく、連続極限については何も言いません。

小さな T^2 の面積則の矢印（小さな T^2 の上の理論）。紫外の制御と挿入の一様な受理の下で、$\mathbb{R}^2\times$ 小さな捩れた T^2 の理論の $\mathbb{R}^2$ の平面の Wilson ループが a に一様な面積則を持つ 仮 。期待される張力の形は $\sigma \geq c' e^{-F/g^2(L)}/L^2$（$F$ は分数インスタントンの作用 $4\pi^2$ の見込み）です。組み立ての部品のうち、挿入の恒等式と平均の評価は紙と有限版の Lean で閉じていて（25-05・25-06）、大偏差の段は紫外の制御の大きい場の稀さの条件と同じ型のチェス盤の評価に帰着する筋です。小さな T^2 の基点は、この矢印の結論を容器の偏りの言葉で書いたものにあたります。

帯の還元の矢印（帯の還元の形）。小さな T^2 の基点・枠の減相関・横広げの不等式の下で、$\theta(R;T^2_R) \leq e^{-cR^2}$ 仮 （帯の還元の論文の条件つきの定理）。帯の還元の論文の証明は概略で、「枠の減相関で積が定数の損で分かれる」の部分が数の不等式として書かれていません。この本では、仮定を数の不等式の形に書き直したうえで、残る代数を倍化の反復の定理として紙に置きます。

倍化の反復の定理

θ を、正の長さの組 (R,L) に $[0,1]$ の値を与える関数とする。$R_0 > 0$、$R_k = 2^k R_0$ とし、正の定数 K_1, K_2 について、全ての $k \geq 0$ で

$\theta(2R_k;T^2_{R_k}) \leq K_1\,\theta(R_k;T^2_{R_k})^4$ （入れ子），　$\theta(R_{k+1};T^2_{R_{k+1}}) \leq K_2\,\theta(R_{k+1};T^2_{R_k})$ （横広

が成り立つとする。$K = K_1 K_2$、$t_k = \theta(R_k; T^2_{R_k})$ と置く。$K^{1/3} t_0 < 1$ ならば、全ての k で

$$\theta(R_k; T^2_{R_k}) \;\le\; K^{-1/3} \exp\!\left(-c\, R_k^2\right), \qquad c = \frac{\ln\!\left(1/(K^{1/3} t_0)\right)}{R_0^2} > 0. \tag{2}$$

初 証明。$2R_k = R_{k+1}$ なので、(1) の二つを続けて $t_{k+1} \le K_2\, \theta(2R_k; T^2_{R_k}) \le K_1 K_2\, t_k^4 = K t_k^4$ です。$u_k = K^{1/3} t_k$ と置くと $u_{k+1} \le u_k^4$、帰納法で $u_k \le u_0^{4^k}$。$4^k = (R_k/R_0)^2$ なので $u_0^{4^k} = \exp(-(R_k/R_0)^2 \ln(1/u_0))$ で、(2) が出ます。∎ Lean Doubling（`Doubling.iterate`）（仮定：$c \ge 0$・$t_k \ge 0$・$t_{k+1} \le c^3 t_k^4$。結論：$c\,t_k \le (c\,t_0)^{4^k}$）・Doubling（`Doubling.decay`）（同じ仮定と $c > 0$。結論：$t_k \le (c\,t_0)^{4^k}/c$）。$c = K^{1/3}$ と読みます。

出発の値 $K^{1/3} t_0 < 1$ は、小さな T^2 の基点から一度だけ大きく跳んで作ります。$T^2_{L_0}$ を固定した入れ子で $\theta(sL_0; T^2_{L_0}) \le C_1 (1-\varepsilon_0)^{s^2}$、横広げで $\theta(sL_0; T^2_{sL_0}) \le C_2 s^2\, \theta(sL_0; T^2_{L_0})$ が言えれば、$R_0 = sL_0$ の $t_0 \le C_1 C_2 s^2 e^{-\varepsilon_0 s^2}$ は $s^2 \gg \varepsilon_0^{-1} \ln(1/\varepsilon_0)$ で $K^{-1/3}$ より小さくなります 初 （同じ代数）。

倍化の反復の定理は代数で、中身は全て (1) と跳躍の二つの不等式にあります。入れ子の不等式は、T^2 を固定した容器の中の分割としては正確ですが（25-03）、部分の容器は枠を共有して相関するので、定数 K_1 で積に分けるところに枠の減相関が要ります。横広げの不等式は表 1 の仮定そのものです。だから帯の還元の矢印の札は「仮」で、紙に置けたのは倍化の反復の定理の部分だけです。

容器の評価から面積則への矢印（還元の形から面積則へ）。$\theta(R; T^2_R) \le e^{-cR^2}$ と枠の減相関から、容器の評価（Mack–Petkova の容器の恒等式、25-03 典 ）で、張力が L に一様な面積則 仮 。枠を使わない大域の版では、捩れの分配関数の比と Tomboulis–Yaffe の不等式 典 を使い、その代わり基点を大域的に示す必要があります（26-01）。

チェス盤の矢印と、二つの一様性から面積則への矢印（チェス盤の形）。T^2 の大きさを固定すれば、z の鏡映正値性 初 （帯の還元の論文の命題。ReflPos（`ReflPos.refl_pos`・`ReflPos.refl_cs`）は核の代数、26-04）とチェス盤の評価 典 から、枠の減相関は一つの密度 κ_{cb} に置き換わり、$|\langle W(C)\rangle| \le \kappa_{\mathrm{cb}}^{\,n(C)}$ です 初 （L を固定した文、26-05）。この言葉では帯は二つの一様性になり、一様な板の張力と一様な板のギャップの下で、張力が L に一様な面積則が出ます 仮 。一様な板のギャップを κ_{cb} で読むと、固定した T^2_L の中の入れ子の冪は定数 1 で全ての L について立ち（26-05 の入れ子の超乗法性の補題 紙 ）、一様な板のギャップの L に一様な中身は L をまたぐ比較 $(\mathrm{C_{cb}})$——横広げの不等式を κ_{cb} で読んだ形（26-02 のチェス盤の密度で読んだ還元）——に移ります。

R^4 の上の理論の閉じ込めは、容器の評価から面積則への矢印か、二つの一様性から面積則への矢印の面積則と、$\mathbb{R}^4$ への極限から出ます 仮 。

04

二本の道の結び — 開いた二本の道の結びの矢印と、時間の方向の道の言明

二本の道の結びの矢印（開いている）。§02 のギャップの道と §03 の閉じ込めの道は、どちらも帯を渡る仮定（一様な板のギャップ、または横広げの不等式・一様な板の張力）を通って $\mathbb{R}^4$ に着きます。二つの結論を同じ $\mathbb{R}^4$ の理論の上で両方言うには、二本の道が同じ極限の理論を与え、その理論で両方が成り立つことを言う矢印が要ります。これが二本の道の結び（台帳の外の差）で、札は「仮」ですが、他の仮定の行と違って、何を仮定すれば足りるかの文がまだありません。

面積則から質量ギャップへ直接進む既知の道は無いので、二本の道の結びの矢印を「閉じ込めの道の延長」として書くことはできません。物理の期待の水準では二つは結びついていますが（張力 $\sigma > 0$ の弦の上の励起が重い、17-03）、それは矢印ではありません 読 （物理の見立て）。ギャップは §02 の道（小さな T^2 のギャップの段の隙間を帯を通して運ぶ）で出し、閉じ込めは §03 の道で出し、二本の道の結びの矢印は「二つが同じ理論の上の文であること」を言う役に限ります。

時間の方向の道の言明。第 23 部の道の条件つきの言明は、別の形をしています。拡散型緩和時間の仮定の上側 $\xi^{2}\!\uparrow$（$C_P \le K\xi_{\mathrm{RG}}^2$）と片側の橋（片側の橋の命題、$C_P \ge \kappa\xi^2$）から、各 β で格子の物理単位の隙間の下界 $m_{\mathrm{phys}} \ge (\kappa/K)^{1/2}$ が出る 初 （仮定の上の代数、23-01 §06）。これを $\beta \to \infty$ に一様に言うことが第 23 部の四次元の目標（台帳の「緩和時間の上界と片側の橋の一様性」の行。23-15 表 5 の物理単位の目標の水準）で、この目標も帯を渡る言明です。空間の方向の道の一様な板のギャップと、時間の方向の道の「β に一様な $\xi^{2}\!\uparrow$ と橋」は、同じ型の一様性の文で、どちらも帯の中で示されていません（26-07）。

05

言えないことと、台帳が空になっても残る差

この章のどの矢印も、質量ギャップも閉じ込めも示しません。紙の証明を本に置けたのは、倍化の反復の定理（代数）と、格子間隔を固定した板の閉じ込めの矢印と、T^2 を固定したチェス盤の矢印だけです。板の閉じ込めの矢印は連続極限について何も言わず、分数インスタントンの率の矢印（分数インスタントンによる閉じ込めの下界）は本に証明が無く（札は仮。引用つきの証明は論文にある）、N に一様ではありません。小さな T^2 の上の理論の小さな T^2 のギャップの矢印・小さな T^2 の面積則の矢印は研究計画の命題で、筋の段にあります。帯の形の

横広げの不等式・一様な板の張力は結論の量（偏り・張力）を L に一様という形で含み、一様な板のギャップは相関の減衰を L に一様な形で述べます。帯の言明そのものが結論の中身を担っています。この章の言明は、帯を仮定に置いた限りでの条件つきの言明です。

台帳の行が全て消えても、問題文の要求との差が残ります：全てのコンパクト単純群（中心の無い群では渦の道具が使えない）、$\mathbb{R}^4$ の OS 公理と回転の回復と非自明性、面積則から質量ギャップへの矢印。これらは 27-02 §05 の別枠「台帳の外に残る差」にあります（表 1 の R^4 への極限と二本の道の結びもそこに入ります）。台帳は減るだけの表でもなく、研究が進んで行が割れ、新しい行が立つこともあります。

06

矢印ごとの札と依存グラフ

矢印を五分類の書式（23-00 §01）で並べます。札は矢印の札で、前提の札ではありません。前提が「仮」の矢印でも、前提から結論への推論が紙で書けていれば「初」、筋の段なら「仮」です。

表 2　矢印ごとの札（「—」は機械検査の無い行。Lean の欄は本体が再検査した束の名だけ）

矢印	前提 ⟹ 結論	札	根拠	同じ行に書く条件	機械検査
小さな T^2 のギャップの矢印	$1 \wedge 5 \Longrightarrow$ 小さな T^2 の上の理論の存在とギャップ $m \geq c/L$	仮	小さな T^2 の上の理論の研究計画の命題（筋）。転送行列の段は器の抽象の補題	ブロック観測量の減衰（L を固定した形）が結論の量 m を含む。a に一様・L は小さい	—
R^4 のギャップの矢印	小さな T^2 のギャップの矢印 $\wedge\ 8 \wedge 9 \Longrightarrow \mathbb{R}^4$ のギャップ	仮	筋	一様な板のギャップ（台帳のブロック観測量の一様な減衰の行）はブロック観測量の一様な減衰で、R^4 のギャップの矢印が足すのは極限の理論への移しかえ	—
板の閉じ込めの矢印	格子間隔と N を固定 $\Longrightarrow$ 全ての β で面積則、$\sigma \geq -\ln\tanh(\beta N^2)$	初	25-04	連続極限では張力が 0。先行の議論（Borgs、Tomboulis–Yaffe 型）との照合が残る	25-04 の Lean の欄

矢印	前提 ⟹ 結論	札	根拠	同じ行に書く条件	機械検査
分数インスタントンの率の矢印	固定した $N \geq 2$・$\beta \geq 1$ $\Longrightarrow -\ln \theta \geq c\,\beta^{-a} e^{-\beta(S_* + \varepsilon(\beta))} M^2$	仮	分数インスタントンによる閉じ込めの下界（本に証明を置いていない。引用つきの証明は論文にある。25-02 §07 (e)）	N に一様でない。連続極限について何も言わない。論文は草稿	—
小さな T^2 の面積則の矢印	$1 \wedge 2 \Longrightarrow$ 小さな T^2 の上の理論の面積則（a に一様）	仮	研究計画の命題（筋）。挿入の部品は 25-05・25-06 で 初	張力の形 $e^{-F/g^2(L)}/L^2$ は見込み	25-05 の Lean の欄（有限版）
帯の還元の矢印	$3 \wedge 4 \wedge 6 \Longrightarrow \theta(R; T^2_R) \leq e^{-cR^2}$	仮	帯の還元の論文の条件つきの定理（証明は概略）	格子の人工物の無い $L \geq L_{\min}(a)$ で述べる	—
倍化の反復の定理	$(1) \wedge K^{1/3} t_0 < 1 \Longrightarrow (2)$	初	§03 の証明	θ の中身に依らない代数	Doubling（`Doubling.iterate`・`Doubling.decay`）（仮定は §03）
容器の評価から面積則への矢印	帯の還元の矢印 $\wedge$ 4 $\Longrightarrow$ 張力が L に一様な面積則	仮	容器の恒等式 典（25-03）と枠の減相関	大域の版は Tomboulis–Yaffe 典 と大域の基点	—
チェス盤の矢印	z の鏡映正値性 $\Longrightarrow T^2$ を固定して $\lvert\langle W(C)\rangle\rvert \leq \kappa_{\mathrm{cb}}^{n(C)}$	初	帯の還元の論文の命題とチェス盤の評価 典（26-05）	L を固定した文。横向きの鏡映は捩れで正値でない	ReflPos（`ReflPos.refl_pos`・`ReflPos.refl_cs`）（核の代数）
二つの一様性から面積則への矢印	チェス盤の矢印 $\wedge$ 7 $\wedge$ 8 $\Longrightarrow$ 張力が L に一様な面積則	仮	筋	一様な板の張力が結論の量を含む	—

矢印	前提 ⟹ 結論	札	根拠	同じ行に書く条件	機械検査
R^4 の面積則の矢印	（容器の評価から面積則への矢印か、二つの一様性から面積則への矢印）∧ 9 ⟹ $\mathbb{R}^4$ の面積則	仮	筋	—	—
二本の道の結びの矢印	R^4 のギャップの矢印 ∧ R^4 の面積則の矢印 ∧ 10 ⟹ 同じ $\mathbb{R}^4$ の理論で質量ギャップと閉じ込め	仮	開いた矢印。二本の道の結びの言明が未定	面積則だけではギャップにならない	—
時間の方向の道の矢印	ξ^2↑ ∧ 片側の橋 ⟹ 各 β で $m_{\mathrm{phys}} \geq (\kappa/K)^{1/2}$	初	23-01 §06（仮定の上の代数）	各 β の文。β に一様にするのは帯を渡る言明	23-01 の Lean の欄

依存グラフ（前提の番号は結論の番号より小さい。1〜10 は表 1 の仮定）：

```
 1  仮  紫外の制御（三条件）                                                  紫外の制御の段
 2  仮  挿入の一様な受理                                                      小さな T² の閉じ辺
 3  仮  小さな T² の基点 θ(L₀;T²_L₀) ≤ 1 − ε₀                                小さな T² の閉じ
 4  仮  枠の減相関（L を固定した形。容器の形）                                小さな T² の閉じ込め
 5  仮  ブロック観測量の減衰（L を固定した形。率 m ≥ c/L を含む）             小さな T² のギャップの
 6  仮  横広げの不等式（強い形・弱い形）                                      帯の段
 7  仮  一様な板の張力                                                        帯の段
 8  仮  一様な板のギャップ                                                    帯の段
 9  仮  R⁴ への極限                                                          R⁴ の段
10  仮  二本の道の結び（言明が未定）
11  初  z の鏡映正値性                                                        Lean ReflPos.re
12  典  容器の恒等式（Mack–Petkova）・Tomboulis–Yaffe の不等式
13  初  板の閉じ込めの矢印（格子間隔と N を固定）                             連続極限で張力 → 0
14  仮  分数インスタントンの率の矢印（固定した N・β ≥ 1）                    引用つきの証明は論文に
15  初  倍化の反復の定理                                                      Lean Doubling.i
16  初  チェス盤の矢印：T² を固定して |⟨W(C)⟩| ≤ κ_cb^n(C) ⟸ 11
17  仮  小さな T² のギャップの矢印：m ≥ c/L ⟸ 1・5
18  仮  小さな T² の面積則の矢印（a に一様） ⟸ 1・2
19  仮  帯の還元の矢印：θ(R;T²_R) ≤ e^(−cR²) ⟸ 3・4・6・15
20  仮  容器の評価から面積則への矢印（還元の形） ⟸ 4・12・19
21  仮  二つの一様性から面積則への矢印（チェス盤の形） ⟸ 7・8・16
22  仮  R⁴ のギャップの矢印 ⟸ 8・9・17
23  仮  R⁴ の面積則の矢印 ⟸ 9・20（または 21）
24  仮  二本の道の結びの矢印：同じ R⁴ の理論で質量ギャップと閉じ込め ⟸ 10・22・23
```

円の検査は、全ての「⟸」の右の番号が左の番号より小さいことを見るだけです。仮定の行のうち結論の量を含むのは、ブロック観測量の減衰（L を固定した形）（率 m、a に一様な形）と、't Hooft の張力の正値性の形の横広げの不等式・一様な板の張力（偏り・張力、L に一様

な形）です。これは循環ではありませんが、小さな T^2 のギャップの矢印・帯の還元の矢印・二つの一様性から面積則への矢印が足しているのは一様性の言い換えと代数だけで、中身はこれらの仮定の側にあることを表しています。台帳（27-02 §04）は行を結論の量を含まない形で書きます。結論の量を含むブロック観測量の減衰（L を固定した形）・横広げの不等式・一様な板の張力は、台帳の行をこの章の矢印に合わせて書き直した「言い換え」の形で、台帳の行そのものではありません。R^4 のギャップの矢印の中身も、一様な板のギャップの相関の一様な減衰の側にあります。板の閉じ込めの矢印と分数インスタントンの率の矢印は、二本の道の結びの矢印の祖先に入らない節点で、格子間隔を固定した段で何が紙で言えているかを記録しています。小さな T^2 の面積則の矢印は小さな T^2 の基点と同じ中身を小さな T^2 の上の理論の言葉で書いたもので、グラフでは小さな T^2 の基点を葉として残しました。

この章が言えている範囲

言えている	言えていない
倍化の反復（倍化の反復の定理）：入れ子と横広げを数の不等式 (1) の形で仮定すれば、$\theta(R_k;T^2_{R_k}) \le K^{-1/3}e^{-cR_k^2}$ 初	(1) の二つの不等式そのもの（枠の減相関と横広げの不等式）
格子間隔と T^2 を固定した面積則（板の閉じ込め） 初	固定した N での分数インスタントンの率の評価（分数インスタントンによる閉じ込めの下界）をこの本の中で示すこと（札は仮。引用つきの証明は論文にある）。N に一様な評価。連続極限での張力
T^2 を固定したチェス盤の評価 $\lvert\langle W(C)\rangle\rvert \le \kappa_{\mathrm{cb}}^{n(C)}$ 初	κ_{cb} を尺度をまたいで比べること（一様な板のギャップ）
言明を矢印に割り、矢印ごとに札を付けたこと。ギャップと閉じ込めが別の矢印の束で出ること	ギャップの二本の矢印・小さな T^2 の面積則の矢印・帯の還元から R^4 の面積則までの矢印・二本の道の結びの矢印のどれも（仮定の上の筋か開いた矢印）。質量ギャップ・閉じ込め・連続極限
時間の方向の道の矢印（各 β の隙間の下界）が仮定の上の代数であること 初	β に一様な形（帯を渡る言明）

出典と再現

もの	種別	出典・道具
表 1 の仮定の名と中身	本書	A-06 §06・27-02
小さな T^2 のギャップの矢印・小さな T^2 の面積則の矢印の形（小さな T^2 の上の理論の研究計画）	仮	この本の検討で書き直した研究計画（$\mathbb{R}^2\times$ 小さな捩れた T^2 の上の SU(2)）。命題は筋の段
板の閉じ込めの矢印	初	25-04

もの	種別	出典・道具
分数インスタントンの率の矢印	仮	分数インスタントンの格子の論文（草稿）“Fractional instantons confine on the lattice: a rigorous semiclassical bound for SU(2) gauge theory on a twisted small torus” の定理 A（分数インスタントンによる閉じ込めの下界）・定理 B（固定した平面での逆向きの評価）（A-07）。本に証明は置いていない（引用つきの証明は論文にある）
帯の還元の矢印・チェス盤の矢印・横広げの不等式の定義	仮・初	帯の還元の論文（草稿）“Where the twisted-slab route to confinement stops: a corrected window target, a reduction to transverse widening, and SU(2) versus U(1) numerics” の条件つきの定理・鏡映正値性の命題・チェス盤の系（A-07）
倍化の反復の定理	初	本文の証明。代数は Lean の束 `Doubling`
容器の恒等式	典	G. Mack, V. B. Petkova（1980）。照合は 25-03 の出典表
Tomboulis–Yaffe の不等式	典	E. T. Tomboulis, L. G. Yaffe, Commun. Math. Phys. 100 (1985)。照合は 26-01 の出典表
時間の方向の道の矢印	初	23-01 §06

この章で使った語 — 条件つきの言明・矢印・小さな T^2 の上の理論と R^4 の上の理論・紫外の制御・挿入の一様な受理・小さな T^2 の基点・枠の減相関・横広げの不等式・一様な板の張力・一様な板のギャップ・二本の道の結び・倍化の反復・チェス盤の密度 κ_{cb}・開いた矢印。意味は A-02 用語集 と A-06 §06 にあります。

次に読む章：27-02 条件の台帳 — 仮定ごとの現状と、消えるために要るもの。

条件の台帳

> この章は未解決の問いの地図です。§01・§02・§06 は案内です。

この章で分かること — 第 27 部の条件つきの言明（27-01）が置いている条件を、一行ずつ並べた台帳。行ごとに、記録の状態の印・本の札・消えるために要るもの・前提の行・扱う章。行の依存の図。台帳の行が全て消えても問題文との差として残るものを、台帳とは別の枠に分けて書くこと。

前提となる章 — 16-09（証明が含むべき七つの段の表と、二本の道の図）。一本目の道の行は 23-15 表 1 と 23-15 §07 から引きます。

先に言うこと — 台帳は、条件の一覧であって進み具合の目盛りではありません。行の数を数えて「あと何割」と読むことはしません。この章は新たな結果を足しません。行の中身の証明や反例は、右の列の章にあります（執筆中の章を含みます）。

この章の順序

1. 「行が消える」の定義 — 台帳の頭に置く規則
2. 段の表の写し — 16-09 表 1 の印と、台帳の行（表 1）
3. 台帳 — 十二の行と内訳（表 2）
4. 行の依存の図 — 前提の番号は結論より小さい
5. 台帳の外に残る差 — 全ての行が消えても残るもの（表 3）
6. 行が増える日 — 台帳は減るだけの表ではない

01

「行が消える」の定義 — 台帳の頭に置く規則

規則

台帳の行は、次の二つが揃ったときに、そのときだけ消える。(1) その行の言明の紙の証明が、この本のどこかの章に置かれている（記録に証明があるだけでは足りない）。(2) その行に

Lean の欄があれば、欄に書いた定理が、この本の側で公理を読み直す再検査を通っている。

この規則の要は、記録の状態と本の状態を分けることです。記録の上で閉じている行（印 ■）でも、紙の証明を本の章に置くまでは、台帳から消しません。例えば z の鏡映正値性は、記録で閉じていた行で、26-04 §03 に証明を置きました。最後の段の代数は Lean（ReflPos）でも閉じています。この行は閉です。

もう一つ。行が消えても、その行を前提に使う行は自動では消えません。例えば、小さな T^2 の基点・枠の減相関・繰り込みの比較が全て消えても、't Hooft の張力の正値性が消えるのは、小さな T^2 の基点・枠の減相関・繰り込みの比較から 't Hooft の張力の正値性への還元の紙が本（26-02）に置かれたときです。そして 't Hooft の張力の正値性が消えても、台帳の外の差（§05）は一つも動きません。

02

段の表の写し — 16-09 表 1 の印と、台帳の行

表 1 は、16-09 表 1 の印の列を写し、各段に台帳のどの行が掛かるかを並べたものです。印の意味は 16-09 と同じで、記録の状態の印であって証明の程度の目盛りではありません（16-09 §02）。段の中身と既知の欄は 16-09 にだけ置き、ここでは重ねません。

表 1　証明が含むべき七つの段の印（16-09 表 1 の写し）と台帳の行（■ 記録では閉じている／◐ 部分的／□ 開いている）

段	印	台帳の行
器の段	◐	z の鏡映正値性（器の組み立ての書き下しは行に立てていない。§06）
紫外の制御の段	◐	紫外の制御（周期の立方の箱の連続極限は公開された構成が示した。本書の道の形は開いている）
小さな T^2 のギャップの段	◐	小さな T^2 のギャップ
小さな T^2 の閉じ込めの段	◐	挿入の一様な受理・小さな T^2 の基点（と枠の減相関の L を固定した形）
帯の段	□	閉じ込めの言葉で枠の減相関・繰り込みの比較・'t Hooft の張力の正値性、ギャップの言葉で帯の比較（ギャップの言葉）・ブロック観測量の一様な減衰。時間の側の言葉では二重井戸の一様なギャップ（縮図）・緩和時間の上界と片側の橋の一様性
R^4 の段	◐	台帳の外：R^4 への極限の四つの内訳・二本の道の結び（周期の箱の列からの無限体積と再構成は公開された構成が示した）
一般の群の段	□	台帳の外：一般の群（存在は任意のコンパクト単純群で公開された構成が示した）

03

台帳 — 十二の行と内訳

表 2 が台帳です。1〜10 の行は二本目の道（空間の方向から）の行、二重井戸の一様なギャップ・緩和時間の上界と片側の橋の一様性は一本目の道（時間の方向から）の行です。帯の行は二つの言葉で立てます。枠の減相関・繰り込みの比較・'t Hooft の張力の正値性は閉じ込めの言葉（渦の自由エネルギー、電束のある荷電セクター）の行、帯の比較（ギャップの言葉）・ブロック観測量の一様な減衰は質量ギャップの言葉（電束の無い中性セクター）の行です。二本の道の台帳を一つにしたのは、どちらの道も同じ帯で止まるからです（16-09 図 1）。行の番号は、前提が結論より先に来る順に振りました（§ 04）。群は SU(2)、格子は Wilson の作用、T^2 には 't Hooft の捩れ $n_{12} = 1$ を入れた場合で書きます。

表 2　条件の台帳（行の名の右は印＝記録の状態。札は本の札で、行の中の主張ごと。「消えるのに要るもの」は § 01 の規則の (1)(2) に足して要るもの。繰り込みの比較の下の六行はその内訳）

行	示すこと（条件を同じ行に）	札	消えるのに要るもの・前提・章
1　**紫外の制御** ◐	格子間隔 a から小さな物理の尺度 L_0 まで、a に一様な多重尺度の解析（小さな場の有効作用の局所性と解析性・大きな場の稀さ・有効結合が小さいまま留まる）。小さな T^2 の上で	評　周期の立方の箱での連続極限は、公開された構成が示した（委員会の評価の水準。第二巻）／仮　捩れた境界条件・細長い箱での構成と、格子間隔に一様な形の言明は、公開された構成に無い（検索の範囲で）。この行の紫外の制御は、捩れた境界条件の下で同じ構成が立つことという、まだ開いた条件	公開された構成を、本書の道に要る形（捩れた境界条件・細長い箱、格子間隔に一様な形）に広げること（第二巻・16-03・A-08 表 2 の継ぎ目）。本書の道（第 15 部）の側では、Bałaban の段の書き下しの完成（原典が未発表とする段を含む）と、その検証。漸近自由に依る仮定で、U(1) や $\mathbb{Z}_2$ には当てはまらない 前提：— 章：7-07・25-00・26-11（要約）→ 第 15 部（15-00〜15-09。分解の言明は 15-03、閉じない四行は 15-08） この行を小さな問いに割った表：15-09 表 1（紫外の問いの表・答えの現在つき）・15-08 表 1（閉じない四行）
2　**小さな T^2 のギャップ** ◐	捩れで零モードが消え、転送行列の隙間 $\geq c/L$ が a に一様	初　捩れの部分（真空の一意性・格子の二次元 Laplacian のギャップ $4\sin^2(\pi/2N)$・(1,1) の区画で $S_{\min} > 0$。N 固定）／仮　a に一様な形	紫外の制御の下で、隙間の下界を a に一様に書く 前提：紫外の制御 章：25-01
3　**帯の比較（ギャップの言葉）** ◐	帯の行の隙間 $\geq c/L$ が a に一様	初　帯の部分（真空の一意性・格子の二次元 Laplacian のギャップ $4\sin^2(\pi/2N)$・(1,1) の区画で $S_{\min} > 0$。N 固定）／仮　a に一様な形	紫外の制御の下で、隙間の下界を a に一様に書く 前提：紫外の制御 章：25-01
4　**ブロック観測量の一様な減衰** ◐	ブロック観測量の相関が $e^{-m|x-y|}$ で減衰し、m が a に一様	初　ブロック観測量の部分（真空の一意性・格子の二次元 Laplacian のギャップ $4\sin^2(\pi/2N)$・(1,1) の区画で $S_{\min} > 0$。N 固定）／仮　a に一様な形	紫外の制御の下で、減衰率の下界を a に一様に書く 前提：紫外の制御 章：25-01
5　**枠の減相関** ◐	枠の観測量の相関が $e^{-m|x-y|}$ で減衰し、m が a に一様	初　枠の観測量の部分（真空の一意性・格子の二次元 Laplacian のギャップ $4\sin^2(\pi/2N)$・(1,1) の区画で $S_{\min} > 0$。N 固定）／仮　a に一様な形	紫外の制御の下で、減衰率の下界を a に一様に書く 前提：紫外の制御 章：25-01
6　**'t Hooft の張力の正値性** ◐	渦の自由エネルギーが $\sim \sigma L$ で、$\sigma > 0$ が a に一様	初　渦の自由エネルギーの部分（真空の一意性・格子の二次元 Laplacian のギャップ $4\sin^2(\pi/2N)$・(1,1) の区画で $S_{\min} > 0$。N 固定）／仮　a に一様な形	紫外の制御の下で、張力の下界を a に一様に書く 前提：紫外の制御 章：25-01
7　**閉じ込めの言葉** ◐	荷電セクターの隙間 $\geq c/L$ が a に一様	初　荷電セクターの部分（真空の一意性・格子の二次元 Laplacian のギャップ $4\sin^2(\pi/2N)$・(1,1) の区画で $S_{\min} > 0$。N 固定）／仮　a に一様な形	紫外の制御の下で、荷電セクターの隙間の下界を a に一様に書く 前提：紫外の制御 章：25-01
8　**橋の一様性** ◐	片側の橋の隙間 $\geq c/L$ が a に一様	初　橋の部分（真空の一意性・格子の二次元 Laplacian のギャップ $4\sin^2(\pi/2N)$・(1,1) の区画で $S_{\min} > 0$。N 固定）／仮　a に一様な形	紫外の制御の下で、橋の隙間の下界を a に一様に書く 前提：紫外の制御 章：25-01
9　**一本目の道（時間の方向から）** ◐	行 3・4・5・6・7・8 を一つの道にまとめること	評　一本目の道の部分（真空の一意性・格子の二次元 Laplacian のギャップ $4\sin^2(\pi/2N)$・(1,1) の区画で $S_{\min} > 0$。N 固定）／仮　a に一様な形	紫外の制御の下で、六つの行の隙間の下界を一つの道にまとめる 前提：紫外の制御 章：25-01
10　**二本目の道（空間の方向から）** ◐	行 3・4・5・6・7・8 を一つの道にまとめること	評　二本目の道の部分（真空の一意性・格子の二次元 Laplacian のギャップ $4\sin^2(\pi/2N)$・(1,1) の区画で $S_{\min} > 0$。N 固定）／仮　a に一様な形	紫外の制御の下で、六つの行の隙間の下界を一つの道にまとめる 前提：紫外の制御 章：25-01

行	示すこと（条件を同じ行に）	札	消えるのに要るもの・前提・章
3　**挿入の一様な受理** ◐	小さな場の枠の下で、長さ $m(a)$ の手続きで力学で駆動した渦の挿入の Barker 型の受理率 $b_F = (1 - \mathbb{E}[\tanh(W/2)])/2$ が、a に一様に $\delta/2$ 以上。同じことを平均で言えば、$\tanh(W/2)$ の平均が $1-\delta$ 以下（W は挿入の仕事）。「格子間隔に一様」は、手続きの長さ $m(a) \propto (L/a)^2 (r/a)^2$ を言明に入れないと偽になる（長さを固定すると、散逸が $(L/a)^2/m$ の程度に育つ）	紙 受理率の挟み込み：Metropolis 型は $e^{-\Delta F} O \le a_F \le \min(e^{-\Delta F}, O)$、Barker 型は $\frac{1}{2} a_F \le b_F \le \min(a_F, 1/(1+e^{\Delta F}))$。$O$ は順と逆の経路の測度の重なりで、$O \ge \frac{1}{2} e^{-D}$（D は散逸）。系として、挿入の一様な受理は定数を除いて、挿入の自由エネルギーの有界性 ΔF が a に一様に有界 ∧ 経路の重なりの一様な下界 O が a に一様に下から押さえられる、と同じ。挿入の一様な受理 ⇒ 小さな T^2 の基点は一行（$b_F \le 1/(1+e^{\Delta F})$）で、挿入の一様な受理は小さな T^2 の基点を含む（Lean LatticeGaugeAcceptanceSandwich（`barker_le_of_crooks`・`overlap_sandwich`）。Crooks 型の恒等式を仮定に置いた不等式の代数で、Bretagnolle–Huber の段は Lean の外）／典 散逸の線形応答（Sivak–Crooks 2012）／仮 摩擦 $\zeta \le \mathrm{Var}/\mathrm{gap}$ の a に一様な評価と、線形応答の剰余／読 手続きを長くすると仕事が下がり、$m \cdot D$ は $m = 64〜256$ で一定に近づく（計算の記録（2026-10-22）。25-08 表 1・2 の受理率は Barker 型の値。測定の条件は 25-08）	経路の重なりの一様な下界の a に一様な下界：摩擦の評価（面のプラケットあたりの揺らぎの有界性と、容器の熱浴のギャップ $\gtrsim (a/r)^2$。紫外の制御と小さな T^2 のギャップの側で、枠の減相関・繰り込みの比較の側ではない）と線形応答の剰余の評価。挿入の自由エネルギーの有界性は小さな T^2 の基点の中身なので、挿入の一様な受理を消すことは小さな T^2 の基点に測れる証明書を付けることでもある 前提：紫外の制御・小さな T^2 のギャップ 章：25-06・25-08

行	示すこと（条件を同じ行に）	札	消えるのに要るもの・前提・章
4　**小さな T^2 の基点** ◐	小さな物理の長さ L_0 の対称の容器（$D_{L0} \times T^2_{L0}$、捩れ $n_{12}=1$）で $\theta(L_0) \le 1-\varepsilon_0$ が a に一様、$\varepsilon_0 \propto (L_0\Lambda)^{11/3}$	典 弦の張力の形（Tanizaki–Ünsal、arXiv:2201.06166 式 (2.37)、希薄な領域・一ループ）と、捩れた格子の上の分数インスタントンの数値（Bergner–González-Arroyo–Soler、arXiv:2505.10396）／紙 対称の箱の最小作用の上界の補題：対称の箱の最小作用は全ての N で $S_{\min}(N,N) \le 2N^4(1-\cos(\pi/N^2)) < \pi^2$（'t Hooft の定数の曲率の解の格子版。可換な配位を陽に置く。`Lean` LatticeGaugeAbelianTwistAction（`totalAction_eq`・`totalAction_lt_pi_sq`）。区画 (1,1) の最小作用がこの配位の作用以下であることは Lean の外）。格子を固定すれば、$\beta \to \infty$ の率は $S_{\min}(N,N)$（Laplace の原理）／仮 a に一様な形。条件つきの二行に割れる：渦の背景のまわりの紫外の制御（定数の曲率の背景。平らでない背景への延長を含む）と、対称の容器での挿入の受理（大きさ L_0 の対称の容器での挿入の一様な受理）	渦の背景のまわりの紫外の制御・対称の容器での挿入の受理の二行。対称の容器での挿入の受理の仕事の一ループの評価は、定数の曲率の背景のまわりの格子の揺らぎの作用素（陽に書ける）の行列式の比になる。作用の下界（格子の BPS の下界）は小さな T^2 の基点には要らない（希薄の上側で、繰り込みの比較の上の端の逆向きで要る）。有限体積は小さな T^2 の基点に現れない（繰り込みの比較の上の端・'t Hooft の張力の正値性の側）。格子の上の版は繰り込みの比較の上の端と同じ準古典の絵 前提：紫外の制御・挿入の一様な受理 章：25-02
5　**z の鏡映正値性** ■	捩れの和を取った集団が、方向 3・4 の格子点を通る鏡映で正値。系としてチェス盤の評価	初 ／Lean：ReflPos（`ReflPos.refl_pos`・`ReflPos.refl_cs`）（非負の重みの上の核の代数）	—（26-04 §03 に証明を置いた。横向きの鏡映が捩れで正値でないことも同じ節に。最後の段の代数は Lean（ReflPos）でも閉じている。この行は閉） 前提：— 章：26-04・26-05

行	示すこと（条件を同じ行に）	札	消えるのに要るもの・前提・章
6　**枠の減相関（閉じ込めの側）** ◐	容器の枠どうしの相関が L に一様に減衰する。容器をブロックの内部全体にとると、固定した T_L^2 の上で入れ子の不等式 $\kappa_{\mathrm{cb}}(sR;L) \le \kappa_{\mathrm{cb}}(R;L)^{s^2}$ が定数 1 で全ての L・R・s について成り立つ	紙　入れ子の超乗法性の補題（入れ子の超乗法性。Markov 性と Mack–Petkova の入れ子の形だけを使い、鏡映正値性は使わない。Lean　LatticeGaugeNestedBlocks（`nested_supermultiplicative`）は有限確率空間の上の抽象形で、Markov 性は Lean の外）。L を固定すれば、z の鏡映正値性からチェス盤で一つの密度 κ_{cb} に置き換わる（初、L 固定）。チェス盤は κ_{cb} から一つの容器と Wilson ループへ降りる段にだけ使う／仮　L をまたぐ比較（チェス盤の密度の横の比較）	26-02 の還元を θ でなく $\kappa_{\mathrm{cb}}(L)$ で書くと $C_D = 1$ になり、L に一様な部分は独立の仮定として残らない紙。残るのは L をまたぐ比較（チェス盤の密度の横の比較）$\kappa_{\mathrm{cb}}(R;L') \le C(L'/L)^2 \kappa_{\mathrm{cb}}(R;L)$ で、横広げの不等式を κ_{cb} で読んだ形。横には入れ子が無い（T_{2L}^2 を T_L^2 四枚で張ると捩れが偶数になり、横向きの鏡映は捩れで正値でない）ので、この比較は繰り込みの比較と同じ場所にある。柱に分けると繰り込みの比較の真ん中の顔の一つ（柱の捩れのコスト）と同じ問題になる。小さな T^2 の基点を θ のまま残すなら、一つの尺度の一行 $1-\kappa_{\mathrm{cb}}(L_0;L_0) \ge \eta(1-\theta(L_0;L_0))$ が要る。紙（入れ子の超乗法性の補題と、κ_{cb} で書いた還元）を本に置くこと 前提：z の鏡映正値性（降りる段だけ） 章：26-02・26-05
7　**繰り込みの比較**（帯の芯） □	一辺 $2N$・結合 β の渦の自由エネルギーが、一辺 N・結合 β' のそれの定数倍以下、$\beta' < \beta$。非摂動で、全ての β で	内訳の六行	全ての β で、誤差が定数倍に収まる評価。帯を閉じる議論は U(1) と区別できなければならない（U(1) は帯の中 $\beta_c \approx 1.01$ に転移を持つ）。2026-11-10 に公開された構成は帯の中には手がかりを与えない（全ての段を弱結合のまま運び、間隔 1 の格子で止まる）。弱い側の端には、「細かい段ほど結合が弱い」ことの摂動に依らない入力が在るが、それは有効な作用の係数についての言明で、係数が非常に大きい（係数がおよそ 9×10^5 以上の、ごく弱い結合の）所でだけ働く。帯の真ん中で要る「U(1) と区別する入力」には当たらない（第二巻） 前提：z の鏡映正値性・枠の減相関 章：26-06

行	示すこと（条件を同じ行に）	札	消えるのに要るもの・前提・章
繰り込みの比較の強結合の端 ■	$\beta \lesssim 10^{-79}$ の範囲	仮 （記録では証明がある。定数が粗く、記帳が概略なので、紙を本に置くまで仮）	段の書き下しと、定数の改善。強結合の窓（β がおよそ 10^{-3} 以下）では、本書の Lean に面積則と、面積あたりの率が横の大きさに依らない渦の床が在る（20-06。格子間隔は固定、前の因子は残る。繰り込みの比較そのものではない） 章：26-06
繰り込みの比較の下の端 □	閉じ込めと比較を $\beta \approx 0.3$〜1 まで押し上げる	仮	箱の磁束の混合による有限の大きさの判定と、計算機援用（区間演算つきの証明書） 階層模型の計算機援用の鎖は Migdal–Kadanoff の像そのものについての定理で、Tomboulis の代表（像を一律に縮めたもの）は一段で横の座標が (5/3)(1−α) 以上押し上がり管の外に出るので、繰り込みの比較の下の端の道具としてもそのままでは使えない 初 （15-04 §05 の注） 章：26-06・15-04

行	示すこと（条件を同じ行に）	札	消えるのに要るもの・前提・章
繰り込みの比較の真ん中 □	非可換性を使う不等式が一つ。四つの顔（捩れの向きの柔らかさ・箱の磁束の混合・柱の捩れのコスト・圧力の余裕）のどれか一つを、尺度に一様に	仮 （どの顔も未証明）	U(1) で破れる形での証明 Tomboulis の挟み込み（arXiv:0707.2179）で証明があるのは分配関数という一つの数の上下の不等式で、繰り込みの比較の形に要る「捩れのある分配関数と無い分配関数を同じ代表で表すこと（共通の補間母数）」が証明されていない段（K. R. Ito と E. Seiler）。この段は U(1) で偽にならなければならず繰り込みの比較の真ん中と同じ場所にある 典 初 読 第五の顔の候補（比べる相手を固定した一段の不等式の案）：Migdal–Kadanoff の一段の像の弦の張力が本当の粗い理論の弦の張力を超えない $\sigma[T_{\mathrm{MK}}w] \le 4\sigma[w]$。強結合の主項と一ループの漸近では向きが揃い、U(1) では MK の像が閉じ込めへ先に入る段で破れる形。帯の中は未知で、どの β でも示していない 仮 （着想） 比べる相手を固定した一段の不等式の案は有限の箱では闘が 1（$R := \Delta F(\text{粗}; T_{\mathrm{MK}}w)/\Delta F(\text{細}; w) \ge 1$。$\Delta F$ は σ の双対で、本当の一段は ΔF を保つ） 初 。軌道の一段で $4^4/2^4$ は $R = 1.34(7)$、$6^4/3^4$ は $R = 1.17(20)$ で分解能の内＝判定しない。破れの証拠も、成り立つ側の数の裏付けも無い。何もしない写像も通る弱い検査で、U(1) の破れは一段の箱には現れない 読 （15-04 §05） 章：26-06・26-10・15-04
繰り込みの比較の上の端 ◐	固定した N、大きな β での準古典	仮 閉じ込めの向き（論文の草稿の分数インスタントンによる閉じ込めの下界（論文 3 の定理 A）：固定した N で $-\ln\theta \ge c\,\beta^{-a} e^{-\beta(S_*+\varepsilon)} M^2$。この本には証明を置いていない。引用つきの証明は論文にある：チェス盤の一般定理と Morse–Bott の議論は引用）／仮 M に一様な逆向きと $S_* = S_{\min}$	逆向きの一様評価（一つの正値性の補題に還元済み）と、最小作用の一致 章：25-02・26-06

行	示すこと（条件を同じ行に）	札	消えるのに要るもの・前提・章
繰り込みの比較の一ループの端 ■	揺らぎを整形した比較で $\beta - \beta' = 0.258$。揺らぎの形を変えない比較では $\beta' \geq \beta + 0.023$（反漸近自由の向き）	初 （一ループの水準。非摂動の主張ではない）／読 数値の向き（SU(2) は帯の全体で $\beta' < \beta$、U(1) は $\beta_c \approx 1.01$ で符号が反転。格子・種・誤差は 26-09）	非摂動化は紫外の制御と繰り込みの比較の真ん中 章：25-07・26-09
結合の言葉の帯（混合微分） □	時間の両端に一様な背景のホロノミー（角 α・γ）を置いた一辺 L の箱（Schrödinger 汎関数の箱）で、混合微分 $M = \partial^2 \ln Z / \partial\alpha\,\partial\gamma$ を木で β になるよう規格化した M_R が、帯の区間で $M_R(2L) \leq (M_R(L) - \delta)_+$、または $-\Delta \ln M_R / \Delta L^2 \geq \sigma_0 > 0$（$\delta$・$\sigma_0$ は格子間隔に依らない）。M は片側の境界だけに依る項を正確に落とし、上下を貫く電場の流束の自由エネルギーを測る（繰り込みの比較の真ん中の渦の双対） 読 。測るのは二本の γ の差分 D_R。同じ箱の結合 $\beta_R = 4/\bar{g}^2$（$\eta = \pi/4$ の一点の微分）との差 $h := \beta_R - D_R$ が片側の項の目印 紫外：M_R は β_R と同じ一ループの走り $-8b_0 \ln(L/a)$ を持ち（格子の一ループで係数は 1.009 倍）、倍化の段は β_R と同じ 0.2575。違うのは定数だけで $M_R - \beta_R = +0.21$、この差は全て荷電の揺らぎから来て $U(1)$ では 0 典 計算 帯：h は $\bar{g}^2$ の関数の形で、$\bar{g}^2 \approx 4.5$ で正に転じ、5〜10 で最大 0.14〜0.18、60〜140 で 0 へ落ち、強結合の側で小さな負（-0.01〜-0.03）。$L/a = 3$〜8 の全 36 点が、点ごとに 2σ の内で一つの曲線に乗る 計算 強結合：固定した $L \geq 4$ で、展開の収束域の下側（$\beta < \beta_0(L)$）では $h < 0$。主項は片側の帯の項 $-(8/s)u^{3L} \approx -(16/\pi)L^2 u^{3L}$（$u = I_2(\beta)/I_1(\beta)$、$s = \sin(\pi/2L^2)$。$D_R$ には入らない）で、上下を結ぶ筒の項も負 紙 Lean （StrongCouplingOneSidedTerm、9 定理。仮定：剰余 $\lvert R\rvert \leq C_L u^{3L+1}$・$\sin x > x - x^3/4$・$D_R$ の木の規格化 $\hat{D} \leq 3$・紙の係数）。展開の収束は 典 （Osterwalder–Seiler）。L に一様な β_0 は未	仮 （帯の不等式はどの β でも示していない）／紫外 典 計算 ／帯 計算 ／強結合 紙 Lean （収束は 典 ）	帯の区間での不等式の非摂動の証明。$U(1)$ との区別は h の大きさでは足りず、$h(\bar{g}^2)$ の形で立てる：$U(1)$ は Coulomb 相と閉じ込め相の奥で $h \approx 0$（12 点中 11 点で $\lvert h\rvert \leq 0.023$）、有限の箱の転移の幅の中の一点にだけ山（$L/a = 4$ で 0.35、$L/a = 8$ でも 0.29(4)）、$SU(2)$ は $\bar{g}^2 \approx 5$〜10 の幅の帯に山 計算 読 。紫外の一ループの差 +0.21 も $U(1)$ では 0 計算 （計算の記録（2026-10-23〜10-28）） Schrödinger 汎関数の箱と結合 $\bar{g}^2$ は Lüscher–Narayanan–Weisz–Wolff（hep-lat/9207009）の定義 典 前提：紫外の制御（紫外の端の結合） 章：26-06・26-09

行	示すこと（条件を同じ行に）	札	消えるのに要るもの・前提・章
8　**帯の比較（ギャップの言葉）** □	箱の中性セクターの最低の質量 $m_0(L)$ を箱の大きさで測った無次元の量 $x(L) = L\,m_0(L)$ について、帯の区間で倍化の写像に固定点が無い：$x(2L) \geq x(L) + \delta$、δ は格子間隔に依らない	仮 ／紙 U(1) の Coulomb 相では x が光子の値 $x^{*} \approx 2\pi$ に止まるので帯の比較（ギャップの言葉）は破れる。率の比の形 $m_0(2L) \geq (\frac{1}{2} - \varepsilon) m_0(L)$ は U(1) の周期の箱で成り立ってしまう（$m_0(2L)/m_0(L) = 1/(2\cos(\pi/2L)) > \frac{1}{2}$）ので、群を区別する形にならない	U(1) で破れる形での証明。繰り込みの比較の真ん中の四つの顔のうち、ギャップの言葉でも効くのは κ_W（捩れの向きの柔らかさ）と $\delta(L_0)$（箱の境界の中心の磁束を変えたときの内側の全変動距離）を全ての境界条件に広げたものの二つで、新しい顔として x の階段関数が一つ加わる。外すべき相は質量 0 の相と一次の共存で、$\mathbb{Z}_2$ の閉じ込めない相（そこにもギャップがある）は外さなくてよい。Tomboulis–Yaffe の不等式は U(1) でも同じ証明で立ち、荷電セクターへ降りる道具なので帯の比較（ギャップの言葉）の道具にはならない 読 。中心を使わない言葉で書けるので、一般の群の中心の無い群でも定義できる 前提：紫外の制御（紫外の端の結合は紫外の制御が渡す有限の値に置く） 章：26-06
9　**ブロック観測量の一様な減衰（ギャップの側）** □	真空期待値 0 のブロック観測量 F, G（台が距離 t 離れる）について $\lvert\langle FG\rangle_{a,L}\rvert \leq C_F C_G\, e^{-mt}$、$m > 0$ は a と L に依らない。小さな T^2 のギャップの隙間の L に一様な形（16-07 の一様なギャップの課題）	仮 ／紙 ブロック観測量の一様な減衰は R^4 への極限の下で質量ギャップを与える（27-01 の R^4 のギャップの矢印が一様な板のギャップに求める中身はこの形で、枠の減相関では足りない）／典 任意の境界条件での一様な指数減衰は面積則を与える（Chatterjee 2021、CMP 385、一様な減衰から面積則への定理（Chatterjee 2021 の定理 2.4）。格子の上）	帯の比較（ギャップの言葉）と、小さな T^2 のギャップを L に一様に運ぶこと。't Hooft の張力の正値性は閉じ込めの言葉の帯で、小さな T^2 の基点・枠の減相関・繰り込みの比較が消えてもブロック観測量の一様な減衰は動かない。時間の側では緩和時間の上界と片側の橋の一様性が同じ型の行 前提：紫外の制御・小さな T^2 のギャップ・帯の比較（ギャップの言葉） 章：27-01・16-07
10　**'t Hooft の張力の正値性**（閉じ込めの言葉の帯） □	$\ln(1/\theta(L,L)) \geq cL^2$、$c$ は L に依らない（'t Hooft の弦の張力が正）	初 小さな T^2 の基点・枠の減相関・繰り込みの比較からの還元（反復の代数は Lean：Doubling（`Doubling.iterate`））。κ_{cb} で書いた形 チェス盤の密度の基点・チェス盤の密度の横の比較でも $K = 4C$ として同じ反復が通る（Lean：LatticeGaugeNestedBlocks（`doubling_iterate`））／仮 帯そのもの	小さな T^2 の基点・枠の減相関・繰り込みの比較が消え、還元の紙が本に置かれること。't Hooft の張力の正値性は閉じ込めの言葉の帯で、質量ギャップにはブロック観測量の一様な減衰が別に要る。途中の到達点：(a) 非閉じ込め相の排除、(b) $\ln(1/\theta) \geq cL^2/\ln L$ 前提：小さな T^2 の基点・枠の減相関・繰り込みの比較 章：26-01・26-02

行	示すこと（条件を同じ行に）	札	消えるのに要るもの・前提・章
11 **二重井戸の一様なギャップ**（一段目の残件）□	0+1 次元の二重井戸の経路の測度で、鎖の長さ $k \geq 8$ について k と $\hbar$ に一様なギャップ（非凸な所を含む測度の一様な対数 Sobolev 不等式）。帯の縮図	仮 。凸の側（長さ ≤ 7）と極小の一意性は記録では閉じている（本に置く節は 23-15 の補い）	23-15 表 1 の行を $\hbar \to 0$ で一様な形で閉じること、または有限のブロックと強い混合の継ぎ合わせ $\hbar \to 0$ の側（小さい $\hbar$ の残件）は、六節点の相内 Poincaré の命題の入力のうち一つの余白 $\hbar\rho - 2\hbar\kappa \geq 0.067$ を $\hbar \to 0$ で示すことに帰着する 紙 。極限の二条件（橋の景色：大域の最小点が内部にただ一つで $\lambda_{\min} \geq 0.2$、$\kappa_0 \leq 0.1282$。粗い景色：$U_0''(t^*) \geq 1.943$）は区間演算で確かめてあり、余白の極限は 0.758 以上 機 （作用の隙間は浮動小数 読 ）。記録の範囲（$\hbar \geq 0.005$）と重ねるには、一様なラプラス法の定量版と、$\hbar\rho$ の側の一次元の Muckenhoupt の漸近の補題が新しく要る 仮 。一様なラプラス法の定量版から出る $\hbar_0$ の見込みは 4×10^{-4}〜8×10^{-4} 読 （計算の記録（2026-10-22））$\hbar \in [0.001949, 0.005]$ では、格子の目標の水準の余白 $\hbar\rho - 2\hbar\kappa \geq 0.067$ が六本の部分区間で区間演算により立つ 機 （部分区間の上の算術と被覆の論理は Lean ：LatticeGaugeH1HbarInterval、15 定理）。一様なラプラス法の定量版の $\hbar_0$ との間は未で、次の部分区間からは角の尾の評価がこの計算の機械では閉じず、機械の取り替え（重みを対数で持つか、角の尾の評価の見直し）が要る 読 （計算の記録（2026-10-24〜10-28）） 前提：— 章：23-09 §06・23-15・26-07

行	示すこと（条件を同じ行に）	札	消えるのに要るもの・前提・章
12 **緩和時間の上界と片側の橋の一様性**（四次元の目標、時間の側）□	拡散型緩和時間の仮定の上側（緩和時間の上界の仮定。$C_P \le K\xi^2$）と片側の橋が、$\beta \to \infty$ に一様（23-15 表 5 の物理単位の目標の水準）	仮	帯を時間の言葉で渡ること。二重井戸の一様なギャップが消えても緩和時間の上界と片側の橋の一様性は動かない（二重井戸の一様なギャップは縮図で、含意ではない） 前提：紫外の制御 章：23-01・23-15 §07・26-07

表 2 から読むこと。(a) 記録の上で ■ の行は z の鏡映正値性と、繰り込みの比較の内訳の二行（強結合の端・一ループ）だけです。z の鏡映正値性は 26-04 §03 に証明を置き、最後の段の代数は Lean（ReflPos）でも閉じているので、この行は閉です。内訳の二行は §01 の規則ではまだ消えていません。(b) 非可換の力学が入るのは繰り込みの比較の真ん中（と、それに集まる 枠の減相関・'t Hooft の張力の正値性）で、この行は U(1) と $\mathbb{Z}_2$ で正しく破れる形をしています。他の行は、構造の事実か、紫外の制御に依る行です。(c) 't Hooft の張力の正値性の弱い形（横広げの不等式の弱い形・一様な板の張力）は帯とほぼ同じ内容です。還元は問題を易しくしたのではなく、非可換の入力が要る場所を繰り込みの比較の真ん中に特定した、と読みます。(d) 挿入の一様な受理・小さな T^2 の基点・枠の減相関は条件つき（◐）の行ですが、中身は消えずに他の行へ移っています。挿入の一様な受理は挿入の自由エネルギーの有界性・経路の重なりの一様な下界の連言と同じで小さな T^2 の基点を含み、小さな T^2 の基点は渦の背景のまわりの紫外の制御・対称の容器での挿入の受理の二行に割れ、枠の減相関の L に一様な部分はチェス盤の密度の横の比較として繰り込みの比較と同じ場所に移ります。(e) 閉じ込めの言葉の帯 't Hooft の張力の正値性が消えても、質量ギャップにはブロック観測量の一様な減衰が残ります。二本の道が同じ帯で止まるのは型としては正しく、着くセクターが違います。

04

行の依存の図 — 前提の番号は結論より小さい

図 1 は、台帳の行と台帳の外の行の依存を、層に分けて書いたものです。矢印の向きは前提から結論で、どの行も、その前提の行より大きい番号を持ちます。台帳の行は、言明の中に結論の量（$\mathbb{R}^4$ の隙間・$\mathbb{R}^4$ の面積則）を含まない形に書きます（仮定の行 紫外の制御・挿入の一様な受理・枠の減相関・繰り込みの比較の真ん中・帯の比較（ギャップの言葉）・ブロック観測量の一様な減衰・緩和時間の上界と片側の橋の一様性）。結論の量を含む形の仮定（小さな T^2 のギャップの矢印の仮定と帯の形）は、27-01 で「言い換え」と明記してあります（相関の一様な減衰を隙間に、一様な

偏りと張力を面積則に言い換える矢印の仮定)。't Hooft の張力の正値性は帯そのもので、条件つきの言明の結論に近い量を含みます。't Hooft の張力の正値性を台帳に置くのは、還元（小さな T^2 の基点・枠の減相関・繰り込みの比較から 't Hooft の張力の正値性）を紙に置いたうえで、't Hooft の張力の正値性を消す道を一行で見せるためです。番号の規則に例外はありません。

```
層 0     1 紫外の制御 ◖                    5 z の鏡映正値性 ■
層 1     2 小さな T² のギャップ ◖（← 1）
         6 枠の減相関 ◖（← 5。降りる段だけ）
層 2     3 挿入の一様な受理 ◖（← 1・2）
         7 繰り込みの比較 □（← 5・6）
         8 帯の比較（ギャップの言葉）□（← 1）
層 3     4 小さな T² の基点 ◖（← 1・3）
         9 ブロック観測量の一様な減衰 □（← 1・2・8）
層 4    10 't Hooft の張力の正値性 □（← 4・6・7）
──────────── ここから下は台帳の外（§05） ────────────
層 5    R⁴ の極限の測度と正値性 ◖（← 任意の体積への紫外の制御）
        回転不変性 □（← 任意の体積への紫外の制御＋新しい補題）
        局所場と OS の正則性 □（← 任意の体積への紫外の制御＋局所場の課題）
        極限の一意性と非自明性 □（← 10・9）
層 6    二本の道の結び □（← 9・10・極限の一意性と非自明性）
        一般の群 □（← R⁴ への極限）
層 7    検証と査読 □（← 全ての行）

任意の体積への紫外の制御 ＝ 紫外の制御 ＋ 任意の体積への示量的な延長 ＋ 源への連続性（a と L に-
（台帳の外の行は、周期の箱の列からの形では公開された構成が示した部分を含む。表 3）

一本目の道    12 緩和時間の上界と片側の橋の一様性 □（← 1）。9 の時間の側の同じ型の行
                11 二重井戸の一様なギャップ □ は 12 の縮図（含意の矢印ではない）
```

図 1　行の依存（← の右が前提）。小さな T^2 の基点と繰り込みの比較の上の端は同じ準古典の絵の上にありますが、含意の矢印ではないので図に入れていません。挿入の一様な受理 ⇒ 小さな T^2 の基点は一行で出ますが、挿入の一様な受理が小さな T^2 の基点を含むという関係なので、図では小さな T^2 の基点の前提に挿入の一様な受理を置くだけにしています。極限の一意性と非自明性の前提は、16-07 の書き方では 't Hooft の張力の正値性・二本の道の結びで、二本の道の結びのギャップの側をブロック観測量の一様な減衰に移したので 't Hooft の張力の正値性・ブロック観測量の一様な減衰と書きます 読 。「面積則 ⇒ 質量ギャップ」は矢印に立てません（§05）。

05

台帳の外に残る差 — 全ての行が消えても残るもの

別枠

台帳の十二の行が全て消えても、問題文（Jaffe–Witten 2000、0-03）の要件との差が四つ（R^4 への極限〔表 3 では四行に割った〕・二本の道の結び・一般の群・検証と査読。内訳を入れて七行）残ります。台帳が空になることは、問題が解けることを意味しません。

表 3　台帳の外に残る差（16-07 の課題との対応はこの本の整理）

行	差	印	いまの状態	16-07
R^4 の極限の測度と正値性	$\mathbb{R}^4$ への極限のうち、極限の測度・並進・鏡映正値性の保存・Hilbert 空間と $H \geq 0$	◐	評 周期の箱の列からの無限体積（部分列）と再構成は、公開された構成が示した（相ごとに Wightman の公理。極限の収束と一意性は無い。第二巻）／仮 本書の道の捩れた板の族からの帰着は開いている。その帰着の条件は任意の体積への紫外の制御（紫外の制御を任意の体積に示量的な定数で延ばしたもの）と、源への連続性が格子間隔と体積に一様であること。残りは既知の議論（コンパクト性・弱極限での不等式の保存・対称な縮小半群）典 。紫外の制御の言明だけでは足りない：ゲージ不変な観測量の期待値の a に一様な有界性を定理として出した原典は無い 典	無限体積への課題
回転不変性	回転不変性の回復	□	公開された構成の再構成の中では在る（第二巻）。本書の捩れた板の族からは：超立方体群での不変性と連続性からは出ない。格子の向きを替えた正則化どうしで極限が一致する補題か、破れが $a \to 0$ で消える直接の評価が要り、紫外の制御も 't Hooft の張力の正値性も約束しない。z の鏡映正値性の鏡映は方向 3・4 でしか正値でなく、方向 1・2 の鏡映正値性は回転不変性からしか来ない 読	残りの公理の課題
局所場と OS の正則性	局所場と OS の正則性・線形増大の条件（Osterwalder–Schrader の公理 E0′）（Wightman の場）	□	公開された構成の再構成の中では在る（第二巻）。本書の捩れた板の族からは：合成作用素の繰り込みとその一様な評価	残りの公理の課題・局所場と短距離の課題
極限の一意性と非自明性	極限の一意性・非自明性・クラスター性	□	公開された構成に極限の収束と一意性は無い。クラスター性と一意な真空は体積に一様な減衰（ブロック観測量の一様な減衰）と 't Hooft の張力の正値性の側。一意性は問題文の読みでは必須ではないが、回転不変性の回復を一意性から出す道では要る。二本の道が同じ理論を与えることも、ここに含める	非自明性の課題
二本の道の結び	二本の道の結び：同じ $\mathbb{R}^4$ の理論の上で、質量ギャップと閉じ込めの両方を言うこと	□	面積則だけではギャップにならない（16-09 §03）。ギャップの側（「小さな T^2 のギャップの隙間を帯を通して $\mathbb{R}^4$ まで同じ定数で運ぶ」形）は台帳のブロック観測量の一様な減衰に移し、「同じ理論」は極限の一意性と非自明性に含めた。残る実質は尺度の整合 $0 < \inf m/\sqrt{\sigma} \leq \sup m/\sqrt{\sigma} < \infty$（同じ $\beta \to \infty$ の列で）で、これは閉じ込めを物理の単位で言うための条件で、問題文の要件の外にある（問題文が求めるのは質量ギャップ 典 ）。三次元の U(1) では格子で両方が成り立っても比が 0 に行く例があり、条件は空ではない 典 （要旨）	一尺度の課題

行	差	印	いまの状態	16-07
一般の群	全てのコンパクト単純群	□	存在は任意のコンパクト単純群で、公開された構成が示した（第二巻）。渦の道具は中心の無い群では使えない。質量ギャップについて：SU(N) は条件つきに変えられる見込み 読 。SU(2) に固有の所は四種で、そのうちやり直しが要るのは二種：SU(2)＝S^3 の性質（一リンクの条件つき法則が一母数になること・熱核の明示式・熱核の揺らぎの稀さの補題）と、-1 が Weyl 群に入ること（類関数の偶性に代わる三次の扱い）。これに 26-09 の数値の SU(3) でのやり直しが加わる（SU(2) で開いている紫外の制御・繰り込みの比較の上に）。埋まる所：中心 $\mathbb{Z}_N$ の捩れ（原始的な捩れでは時計と移動の対が共役を除いて一意 典 （González-Arroyo、arXiv:hep-th/9807108 §4.2）、随伴のギャップは $4\sin^2(\pi/(NL))$ で SU(3) の $L=3\text{〜}6$ で数値と一致 読 （計算の記録（2026-10-22））、一ループの $\beta-\beta'=11N^2\ln 2/(12\pi^2)$ 紙 ）、色の補題の n 色版（ Lean ColorAverageN（ `colorAverage` ・ `design_identity` ）。重みつきの四次の設計の存在を含めて仮定なし。su(N) への当てはめは紙）、Tomboulis–Yaffe の不等式の SU(N) 版 典 （Kanazawa、arXiv:0808.3442 定理 2。本書の板への当てはめは未）。全てのコンパクト単純群は開：中心の無い群（G_2・F_4・E_8）では渦の道具も中心を使う矢印も使えず 典 （16-07 §07）、Sp(n)（$n\geq 2$）では捩れを食う対の中心化群が連続で、T^2 の捩れ一つでは零モードが消えない 読	16-07 §07
検証と査読	検証	□	全体の書き下し・Lean（届く範囲）・専門家の査読・出版。賞の規定は、査読つきの出版とその後の受容の期間を求める	—

台帳の外の差を台帳に入れないのは、これらが条件つきの言明（27-01）の条件ではなく、言明の結論と問題文の要件の間の距離だからです。台帳の行は「仮定を外す仕事」で、外の行は「結論を問題文まで運ぶ仕事」です。二つを一つの表に混ぜると、台帳が空になった日に、問題が解けたように読めてしまいます。二本の道の結びのギャップの側（帯をギャップの言葉で渡ること）は、27-01 のR^4 のギャップの矢印の仮定と同じ型の条件なので、台帳の中のブロック観測量の一様な減衰に置きました。

矢印に立てないもの。「面積則 ⇒ 質量ギャップ」は物理の期待として読む 読 に留め、図 1 の矢印にはしません。鏡映正値性と面積則だけからは偽です（面積則を持つ格子の測度と、Coulomb 相の U(1) の直積は、鏡映正値性と面積則を保ってギャップを持たない 紙 。単純群の中の反例は知られていない）。格子で知られている定理は逆向きで、任意の境界条件での一様な指数減衰から面積則が出ます 典 （Chatterjee 2021 一様な減衰から面積則への定理、Durhuus–Fröhlich 1980）。転送行列の言葉では、面積則は電束のある荷電セクターの隙間、質量ギャップは電束の無い中性セクターの隙間です。

```
06
```

行が増える日 — 台帳は減るだけの表ではない

研究が進むと行は消えますが、増えることもあります。例えば、帯の還元を詰めたとき、横広げの不等式は強い形と弱い形の二行に割れ、強い形は閉じ込めより強い（板の張力の単調性を含む）ことが分かりました。繰り込みの比較を詰めたときは、強結合の端と一ループの端の二行が新しく立ち、真ん中の行が四つの顔に割れました。二本の道の結びを見直したときは、帯をギャップの言葉で渡る二行 帯の比較（ギャップの言葉）・ブロック観測量の一様な減衰が台帳の中に立ち、枠の減相関の行は閉じ込めの側の行 枠の減相関になり、R^4 への極限は四行に割れました。器の組み立て（器の段）の書き下しは、いまは行を立てていませんが、書き下す段で行が立つかもしれません。

だから、この台帳の行の数を時間の上で並べても、進み具合の目盛りにはなりません。読むのは各行の中身と、その行を消すのに要るものです。

前提の今の一覧は 28-04 に在ります。

この章が言えている範囲

言えている	言えていない
条件つきの言明の条件の一覧と、各行の記録の状態・札・消えるのに要るもの（表 2）	どの行の証明も。この章は新たな結果を足さない
初 't Hooft の張力の正値性への還元・z の鏡映正値性・小さな T^2 のギャップの捩れの部分・繰り込みの比較の上の端の閉じ込めの向き・繰り込みの比較の一ループの端の水準（行に書いた条件の範囲で）	't Hooft の張力の正値性そのもの・繰り込みの比較の非摂動の形・紫外の制御・経路の重なりの一様な下界・チェス盤の密度の横の比較・帯の比較（ギャップの言葉）・ブロック観測量の一様な減衰
紙 挿入の一様な受理の受理率の挟み込み・小さな T^2 の基点の対称の箱の最小作用の上界の補題・枠の減相関の入れ子の超乗法性の補題・二重井戸の一様なギャップの小さい $\hbar$ の残件の帰着（計算の記録にあり、本の章に紙の証明はまだ置いていない）	これらの行が §01 の規則で消えること
台帳の行が全て消えても残る差が四つ（R^4 への極限〔表 3 では四行に割った〕・二本の道の結び・一般の群・検証と査読。内訳を入れて七行）あること（表 3）	台帳が空になれば問題が解けること（言えない。台帳の外の差が残る）
R^4 への極限のうち、極限の測度と正値性だけが、任意の体積への紫外の制御を条件に既知の議論で繋がること	任意の体積への紫外の制御が成り立つこと・回転不変性・局所場と OS の正則性・極限の一意性と非自明性
Lean の欄の定理名の算術（有限和の代数と反復の不等式・受理率の挟み込みの不等式・可換な捩れの配位の作用・入れ子の平均の不等式・四次の設計の恒等式）	Lean の欄が行の言明そのものを検査したこと

出典と再現

もの	種別	出典・道具
台帳の行・内訳・依存	本書	第 25・26 部の材料（証明までの課題の一覧と依存の図・仮定の一覧）を、前提が先に来る順に番号を振り直したもの。印は記録の状態の写し

もの	種別	出典・道具
一本目の道の行 二重井戸の一様なギャップ・緩和時間の上界と片側の橋の一様性	本書	23-15 表 1・表 5・23-09 §06
小さな T^2 の基点の弦の張力の形	典	Y. Tanizaki, M. Ünsal, arXiv:2201.06166 式 (2.37)（書誌と式は 25-02 の出典表）
挿入の一様な受理の挟み込み・小さな T^2 の基点の対称の箱の最小作用の上界の補題・枠の減相関の入れ子の超乗法性の補題・二重井戸の一様なギャップの小さい $\hbar$ の残件・一般の群の随伴のギャップ	紙・機・読	計算の記録（2026-10-22）。区間演算は二重井戸の一様なギャップの極限の二条件だけ
挿入の一様な受理の散逸	典	C. Jarzynski, Phys. Rev. Lett. 78 (1997)・G. E. Crooks, Phys. Rev. E 60 (1999)・D. A. Sivak, G. E. Crooks, Phys. Rev. Lett. 108 (2012)
小さな T^2 の基点の格子の数値	典	G. Bergner, A. González-Arroyo, I. Soler, arXiv:2505.10396
二本の道の結びの逆向きの定理	典	S. Chatterjee, Commun. Math. Phys. 385 (2021) 定義 2.3・定理 2.4（一様な減衰から面積則への定理）・B. Durhuus, J. Fröhlich (1980)
一般の群の捩れと TY	典	A. González-Arroyo, arXiv:hep-th/9807108 §4.2・T. Kanazawa, arXiv:0808.3442 定理 2
繰り込みの比較の上の端の分数インスタントンによる閉じ込めの下界	仮	論文の草稿 'Fractional instantons confine on the lattice: a rigorous semiclassical bound for SU(2) gauge theory on a twisted small torus'（2026-10、A-07）。チェス盤の一般定理と Morse–Bott の議論は引用。引用つきの証明は論文にあり、本に証明を置いていないので札は仮
't Hooft の張力の正値性の還元	初	論文の草稿 'Where the twisted-slab route to confinement stops: a corrected window target, a reduction to transverse widening, and SU(2) versus U(1) numerics'（2026-10、A-07）の条件つきの定理と、26-02
台帳の外の差の課題	本書	16-07 表 1・§07、16-09
問題文	典	A. Jaffe, E. Witten, Quantum Yang–Mills Theory, Clay Mathematics Institute (2000)
Lean	Lean	ReflPos（`ReflPos.refl_pos`・`ReflPos.refl_cs`）・Doubling（`Doubling.iterate`）・LatticeGaugeAcceptanceSandwich・LatticeGaugeAbelianTwistAction・LatticeGaugeNestedBlocks・ColorAverageN。束が保証するのは有限和の代数・実数の反復の不等式・行に書いた初等的な不等式と恒等式だけ（A-04）

この章で使った語 — 台帳・行が消える・記録の状態の印（■◐□）・台帳の外に残る差・繰り込みの比較・四つの顔・帯の縮図・拡散型緩和時間の仮定。意味は A-02 用語集 と A-06 名前の索引 にあります。

次に読む章：27-03 問いの表。条件つきの言明そのものは 27-01。

問いの表（横断の索引）

> この章は索引です。各章の該当の節へ案内します。

この章で分かること — この本の各部が開いたまま残した問いを、一つの索引にまとめたもの。第 23 部の十七の問い、第 24 部の十九の問いと六つの規則の候補は、項目を移さずに章と項目番号で引きます。第 25・26 部の本文が残した問いには、この頁で表ごとの通し番号を振り、出所の章の節と、関わる条件の台帳の行（27-02 表 2 の行と、台帳の外の差）を並べます。検討の記録が挙げた「次の一手」の二つの表も、台帳の行の言葉で引きます。

前提となる章 — 27-02（条件の台帳。行の番号と名前はそこで決まります）。問いの中身は、各行の右の列の章にあります。

先に言うこと — この章は新たな結果を足しません。問いは問いで、主張ではありません。問いの状態（済み・一部済み・未・新）と「決着しても動かないもの」は、出所の章の表にだけ置き、ここでは写しません。どの問いが決着しても、質量ギャップの問題は動きません。動くのは、台帳の一つの行か、一つの章の一つの札です。

この章の順序

1. 索引の読み方 — 五つの出所・番号の約束・台帳の行との対応（表 1）
2. 第 23 部の問い （表 2）
3. 第 24 部の問いと規則の候補 （表 3・表 4）
4. 第 25 部から出る問い （表 5）
5. 第 26 部から出る問い — 帯の還元の仮定・判定・β 単調性ほか（表 6）
6. 検討の記録が挙げた次の一手 — 二つの表を台帳の行で引く（表 7）
7. 台帳の行から引く — 行ごとに、関わる問い（表 8）

01

索引の読み方 — 五つの出所と番号の約束

問いには五つの出所があります。表 1 は、出所ごとの番号の付け方と、その番号が指す表です。番号は出所の章のものをそのまま使い、この頁で振り直しません。第 25・26 部には問いをまとめた章がまだ無いので、その部の本文の「言えないこと」「残るもの」「足りないもの」の節から問いの形の文を拾い、この頁で番号を振ります。番号は表ごとの文字の無い通し番号で、本文では問いを短い名で引きます。

表 1　問いの五つの出所

出所	番号	数	引く表	問いの大きさの書き方
第 23 部（一本目の道・前半）	通し番号 1〜17	17	23-17 表 3	道具（SAT・紙・python3・区間演算・Lean・文献）と決着の形
第 24 部（一本目の道・後半）	通し番号 1〜19、規則の候補 1〜6 と三つの組み合わせ	19 ＋9	24-08 表 1・表 2	作業の種類（紙・読む・計算・Lean）と状態
第 25・26 部（二本目の道と帯）	表 5・表 6 の通し番号 1〜16	16 ＋ 16	この頁の表 5・表 6	出所の節の文のまま。大きさの見積もりは書かない
第 15 部（紫外の制御）	通し番号 1〜31	31	15-09 表 1	出所の章の文のまま（条件は出所の章の表に）
検討の記録の「次の一手」	記録の表の順 1〜7 と、取り組む順 1〜4	7＋4	この頁の表 7	台帳の行の言葉に置き換えて引く

台帳の行の名は 27-02 表 2 のとおりです（紫外の制御から緩和時間の上界と片側の橋の一様性までの十二行と、繰り込みの比較の内訳の六行）。台帳の外の差は、R^4 への極限・二本の道の結び・一般の群・検証と査読です（27-02 表 3）。表の「関わる行」の欄は、行の名で書きます。

表の「関わる行」の欄は、その問いが決着したとき台帳のどの行の中身に触れるかを、この本の整理として書いたものです。問いが決着しても、行が消えるとは限りません。行が消えるのは、紙の証明が本に置かれ、Lean の欄があればその再検査が済んだときだけです（27-02 §01）。

02

第 23 部の問い

第 23 部の問いは、卒業研究の大きさで決着がつく見込みの「小さな問い」です。表 2 は一行の要旨と引く場所だけを並べます。決着の形と「決着しても動かないもの」は 23-17 表 3 の各行にあります。第 23 部の問いが軸にした仮定は、拡散型緩和時間の仮定（上側は緩和時間の上界の仮定、下側は緩和時間の下界の仮定）です。

表 2　第 23 部の問い（要旨。行の全文は 23-17 表 3）

問	要旨	道具	関わる行	引く場所
1	$k=3$ 胞体の完全な族は $d=9$ で在るか	SAT・Lean	—（一リンク積分の組合せ）	23-17 表 3・23-02 §02
2	完全な族が在る最大の次元 $d_{\max}(k)$	総当たり・紙	—（同上）	23-17 表 3
3	Hermite の族の $1-\lambda_k$ の定数	紙・python3	—（例題）	23-17 §05
4	森の上の関数の比の頭打ちの $SU(N)$ 版と Lean の言明	紙・Lean	緩和時間の上界と片側の橋の一様性	23-17 表 3
5	二次元格子ヤン–ミルズのリンク変数での $C_P(\beta)$	紙・python3	緩和時間の上界と片側の橋の一様性（対照）	23-17 表 3
6	一リンク積分の後の曲率の最良の定数 $c^{*}\in[21,27]$	大域最適化・区間演算	—（強結合の側）	23-17 表 3・5-11
7	柱の模型の N^{-3} の係数を解析的に	紙・python3	二重井戸の一様なギャップ	23-17 表 3
8	柱の模型で、有限の u の $1/P$ の符号	python3	二重井戸の一様なギャップ	23-17 表 3
9	取りこぼし c_2 はブロック変換のゲージの取り方でどれだけ変わるか	python3	緩和時間の上界と片側の橋の一様性	23-17 表 3
10	二次元 $O(3)$ σ 模型の C_P と ξ^2	python3・文献	緩和時間の上界と片側の橋の一様性（漸近自由な対照）	23-17 表 3
11	三次元 $\mathbb{Z}_2$ ゲージ理論の C_P/ξ^2	python3	緩和時間の上界と片側の橋の一様性（対照）	23-17 表 3
12	$C_P(V)$ の体積単調性と境界条件	python3	緩和時間の上界と片側の橋の一様性	23-17 表 3
13	四次元 $SU(2)$ の局所の算法の動的指数の一次資料を集める	文献	緩和時間の上界と片側の橋の一様性	23-17 表 3
14	中くらいの芯の段の二点の最大相関（$8\le k\le 14$）を区間演算で上から押さえる	区間演算・紙	二重井戸の一様なギャップ	23-17 表 3・23-15 表 1
15	芯の C_P の前因子 $\hbar^{-p}$ の冪を、縮退点の容量で読む	python3・紙	二重井戸の一様なギャップ	23-17 表 3
16	箱の間の交互の最大相関 $c_{\mathrm{alt}}<1$ を示す比較の定理	紙	二重井戸の一様なギャップ	23-17 表 3
17	保存のある力学に保存を壊す小さな項を足したとき、隙間が一辺の二乗から離れる長さ	紙・python3	緩和時間の上界と片側の橋の一様性（第 24 部の最小の模型）	23-17 表 3

表 2 の読み。二重井戸の一様なギャップの行（一段目の残件）に関わるのは問い「柱の模型の N^{−3} の係数」・問い「柱の模型の 1/P の符号」・問い「芯の最大相関の区間演算」・問い「芯と窓の前因子の冪」・問い「箱の交互の最大相関の比較」で、第 23 部への補いの「ブロックと混合の道」（23-15 のブロックと混合の道）が開いた問いは第 26 部の表 6 の問い「帯の中の両側の面積則の問い」にまとめました。緩和時間の上界と片側の橋の一様性に関わる問いは、四

次元格子の側で拡散型緩和時間の仮定の言明をどう立てるかの問いで、どれが決着しても緩和時間の上界と片側の橋の一様性そのもの（$\beta \to \infty$ に一様な上界の仮定と橋）は動きません。

03

第 24 部の問いと規則の候補

第 24 部の問いは、緩和時間の仮定の言明の形を直す検討（保存が壊れる長さ・区画と局所の版・片側の橋が要る形・真空の測度）から出たものです。表 3 は要旨と引く場所だけで、状態（済み・一部済み・未・新）と「決着したら動くもの・動かないもの」は 24-08 表 1 にあります。

表 3　第 24 部の問い（要旨。行の全文と状態は 24-08 表 1）

問	要旨	大きさ	引く場所（問いの出た節）
1	自由場で、箱に台を持つ観測量の励起のエネルギーの比べ	紙	24-04 §05
2	時刻を区切る因子 $\varphi(x)/x^2$ の単調性	初等・Lean	24-04 §03
3	小さな周期の箱の Polyakov ループの符号で、静的な比が遅さを捕まえるか	小さな計算	24-01 §02
4	二次元の層の $U(1)$ で、帯状の領域を伸ばしたときの隙間の下がり方	計算	24-02 §03
5	$SU(2)$ の純ゲージの位相電荷の自己相関の一次資料	読む・計算	24-07 §07
6	二つの射影の補題の多族版と、その最大相関の条件	紙	24-03 §06
7	熱核と畳み込んだ一リンクの Wilson の重みの $\inf \mathrm{Hess}\, V_t$ と、悪い集合の重さの流れ	紙＋小さな計算	24-06 §07
8	Wilson の転送作用素で、時間の刻みの比べの仮定（論文「片側の橋」の (D)）を低いエネルギーに切った関数に限って示す	紙	24-04 §08
9	有限状態の可逆な Markov 連鎖で、$\tau_{\mathrm{int}} \le C_P$ と基底状態変換の恒等式を Lean で閉じる	Lean	24-05 §01
10	二次元 CP^{N-1} の局所のモードと位相のモードの自己相関を、局所の版の目で読み直す	読む・計算	24-02 §07
11	二次元 $SU(2)$ で、ループの族の λ_W・Γ を有限の β で求める	計算	24-04 §06
12	四次元の箱で、差し渡しの大きさのループの族の値	計算	24-04 §06
13	0+1 の二重井戸で、キンクの位置を座標にした一次元への還元で局所の比を挟む	紙＋小さな計算	24-04 §07
14	二次元の帯状の領域の $\beta = 7$ を一点足し、傾きが収まるか	計算	24-02 §05
15	比が閾と 1 の間に入る場について、比の形のままで質量を見る別の議論	紙	24-04 §06

問	要旨	大きさ	引く場所（問いの出た節）
16	Wilson の時間を刻む格子で、時刻を区切った版の橋（窓の中の上限の命題と有限体積の下界）を時間の刻みの比べの仮定の下で書く	紙	24-04 §03
17	Kogut–Susskind のハミルトニアンを区画にまとめて分けたとき、frustration-free になるか	紙	24-05 §04
18	CP^{N-1} の試験台で、種と N の組を足し、位相のモードの遅さの指数を読む	計算	24-02 §07
19	保存が壊れる長さの定義 (2) を、四次元の部分領域の電荷で測る	計算	24-02 §01

表 3 の要旨は、出所の表の文を短くしたものです。第 24 部の語「窓の因子」「窓の版の橋」は、第 26 部の帯と取り違えないように、ここでは「時刻を区切る因子」「時刻を区切った版の橋」と言い換えました（語の注は 26-00 §02）。問い「二次元の層の U(1) の隙間」・問い「帯の β=7 の一点」の「帯状の領域」は二次元の格子の幅 2 の領域のことで、移り変わりの帯とは別物です。台帳の行で言えば、問い「キンクの位置への還元」 だけが二重井戸の一様なギャップに触れ、他は緩和時間の上界と片側の橋の一様性の言明の形を直す問いです。

規則の候補は、「新しい数学を作るなら何を規則に置くか」という問いへの候補で、それぞれに問いが一つ付いています（24-08 表 2）。表 4 は記号と規則の名と引く場所だけを並べます。三段目の三つの根との関係は 24-08 表 3 にあります。

表 4　規則の候補（候補の一行と問いは 24-08 表 2）

記号	規則の名	候補が出た節
1	尺度の公理化	24-07 §06
2	ループの代数	24-07 §06
3	保存量と区画	24-03 §04
4	稀さで払う測度の類	24-06 §07
5	漸近自由の公理	24-07 §06
6	曲率の規則（軌道の空間の上の Bakry–Émery）	24-07 §06
1＋4・3＋4・2＋3	三つの組み合わせ	24-08 表 2 の下の三行

第 25・26 部の検討から見ると、候補のうち漸近自由の公理と尺度の公理化が帯の問題に最も近い位置にあります。帯を渡る文で漸近自由が入る場所は一つ（繰り込みの比較の $\beta' < \beta$、26-06 §01）に絞られていて、漸近自由の公理の問い（紫外で自由場に近づく規則から何が従うか）は、その一か所を規則の言葉で言い直す問いになります。これは位置づけの見立てで、どの候補も帯を渡る見込みを約束しません 読 （物理の見立て）。

> 04

第 25 部から出る問い

第 25 部（二本目の道：空間の方向から）の本文が開いたまま残した問いです。各行の文は出所の節の文を問いの形に縮めたもので、条件は同じ行に残しました。群は $SU(2)$、小さな T^2 には 't Hooft の捩れ $n_{12} = 1$ を入れた場合です。25-06〜25-08 の三章（駆動した挿入・決まった写像・測った記録）から出る問いは、表の下の五行（問い「反転の確率が 1 に近い核」から問い「測定の延長と誤差」まで）です。

表 5　第 25 部から出る問い（関わる行は 27-02 の台帳の行。この本の整理）

問	問い（条件を同じ行に）	関わる行	決着しても動かないもの	出所
1　分数インスタントンの下界の逆向き	分数インスタントンによる閉じ込めの下界（論文 3 の定理 A）の逆向き：固定した N で、M に一様な希薄な気体の上界（弦の張力の上からの評価）。草稿では一つの正値性の補題に還元されている	繰り込みの比較の上の端	N に一様な評価・連続極限	25-02 §06・A-07 §06
2　最小作用の一致	最小作用の一致 $S_*(N,\ell) \to S_{\min}(N,\infty)$（枠を真空に凍らせた柱の最小作用と、自由な分数インスタントンの最小作用）。数値は五桁で一致（読み）	繰り込みの比較の上の端	同上	25-02 §06
3　分数インスタントンの存在	捩れた $T^2 \times \mathbb{R}^2$ の上で、作用の下限 $4\pi^2/g^2$ を達する位相電荷 $\frac{1}{2}$ の解の存在（いまは仮定つきの筋）	小さな T^2 の基点	格子の上の率・帯	25-02 §02・§07 (c)
4　三つの事実の SU(N) 版	捩れを食う真空の一意性・随伴の場のギャップ・(1,1) の区画に平坦な配位が無いことの $SU(N)$ 版	一般の群	中心の無い群	25-01 §09 (c)
5　外側の容器の偏り	固定した区画へ移すときの第二項：外側の容器の偏りが典型的に小さいこと（$M \to \infty$ で 0）	枠の減相関	容器の自由エネルギーの一様な評価	25-03 §04・§08 (b)
6　容器の自由エネルギーの評価	容器の自由エネルギー ΔF_j を、良い枠に一様に、格子間隔に一様に評価する（枠を止めた条件つきの測度の多重尺度の解析が要る）	紫外の制御・枠の減相関	帯（横を広げる段）	25-03 §08 (e)
7　太い渦の挿入の費用	太い渦の写像で、挿入の費用を N に依らずに押さえる（板の閉じ込めの定理の連続極限への改良。いまは仮の筋）	紫外の制御・挿入の一様な受理	帯	25-04 §04・§07 (c)
8　挿入から面積則への不足	挿入の評価から面積則へ足りない三つ：(i) 全ての細胞で同時に挿入が断られる事象が細胞の数について指数的に稀であること、(ii) 受理率の下界が格子間隔に一様であること、(iii) 挿入比の分散の上界	挿入の一様な受理	帯	25-05 §07

問	問い（条件を同じ行に）	関わる行	決着しても動かないもの	出所
9　U(1) の陰性対照	挿入の評価を四次元の $U(1)$（弱結合で閉じ込めない）に当て、どこで効かなくなるかを確かめる陰性対照	繰り込みの比較の真ん中（群を区別する条件）	$SU(2)$ の評価	25-05 §07・§08 (f)
10　合成した挿入の奇性	別々の細胞の挿入を合成した写像が「挿入で奇」の等式を満たすこと（いまは多数の細胞の二次モーメントの評価の仮定で、Lean でも仮定）	挿入の一様な受理	一つの細胞の恒等式	25-05 §08 (c)
11　板の閉じ込めの文献照合	板の閉じ込めの定理と、Tomboulis–Yaffe 型の議論・高温の空間的な Wilson ループの面積則（Borgs 1985）との照合	—（札の問い）	定理の内容	25-04 §06
12　反転の確率が 1 に近い核	反転の確率 a が 1 に近い核の構成。流れの補題 $\theta \le 1-a$ は、一段の核では a が $\frac{1}{2}$ 程度で頭打ち（測定と記録の判断）なので素朴な形しか与えない	't Hooft の張力の正値性（帯の試験に使える形）	紫外の制御	25-06 §06・§08 (d)
13　準静的の極限	準静的の極限：駆動の段数 $m \to \infty$ で仕事 W が容器の条件つきの自由エネルギーに近づくこと（核の混ざり方の評価を含む証明）	挿入の一様な受理	帯	25-06 §04・§08 (b)
14　整形の写像の誤差	揺らぎを整形する写像の誤差（渦の面の近くの局所的な相対エントロピーと高次のループ）を、中程度の結合と大きな場で押さえる。一ループでは $\beta - \beta' = 0.258$ を再現する	繰り込みの比較（一ループから非摂動へ）	帯を渡る文そのもの（繰り込みの比較の真ん中）	25-07 §08 (a)
15　決まった写像の紫外の費用	決まった写像の紫外の余分の費用が、四次元のゲージ理論でも同じに増えるか（Ward 恒等式による打ち消しが起きるか）。いまの数は二次元の模型の三点	紫外の制御	帯	25-07 §06・§08 (d)
16　測定の延長と誤差	測った T^2 の大きさ（$L\sqrt{\sigma} \approx 2$ 程度まで）より先へ広げる測定と、駆動した挿入・レプリカ交換の誤差の評価（自己相関の扱い）	—（読みの問い）	どの台帳の行も（数値は証明でない）	25-08 §07 の (b)(c)

表 5 の読み。分数インスタントンの下界の逆向き・最小作用の一致は台帳の繰り込みの比較の上の端の残りそのもので、決着すれば固定した N の格子の上で率の両側が揃いますが、N を増やす向きは繰り込みの比較の真ん中と同じ問題です。問い「容器の自由エネルギーの評価」・問い「太い渦の挿入の費用」は紫外の制御の中身に触れる問いで、帯とは別の壁です（25-00 §02）。問い「挿入から面積則への不足」の (ii) は挿入の一様な受理の行の言い直しです。

```
05
```

第 26 部から出る問い — 帯の還元の仮定・判定・β 単調性ほか

第 26 部（移り変わりの帯）の本文が開いたまま残した問いです。最初の三行は帯の還元の三つの仮定（26-02 §02）を問いの形にしたもので、帯の難しさは三行目の横広げの不等式に集まっています（26-02 §08）。帯を閉じる議論は、$U(1)$ と区別できなければなりません（基準「U(1) の転移と区別する」、26-06 §08）。この条件は表 6 の全ての行に掛かります。

表 6　第 26 部から出る問い（関わる行は 27-02 の台帳の行。この本の整理）

問	問い（条件を同じ行に）	関わる行	決着しても動かないもの	出所
1　横広げの不等式の非摂動の証明	横広げの不等式（強い形 $\theta(R;T_{L'}^2)\le C(L'/L)^2\theta(R;T_L^2)$、または損失の総和が有限な弱い形）を、希薄な領域と閉じ込めの領域の間 $L\sim 1/\Lambda$ を通して非摂動で示す。構造だけの入力（鏡映正値性・双対性・転送行列）からは出ない	't Hooft の張力の正値性（還元の入力の位置は繰り込みの比較）	R^4 への極限〜検証と査読	26-02 §02・§08
2　枠の減相関の一様性	枠の減相関 $\theta(sR;T_L^2)\le C_{\mathrm{D}}\,\theta(R;T_L^2)^{s^2}$ を L に一様に示す。L を固定すればチェス盤の密度 κ_{cb} に置き換わるので、問いは $\kappa_{\mathrm{cb}}(L)$ の尺度をまたぐ比較になる	枠の減相関	帯の非可換の入力（横広げの不等式の非摂動の証明）	26-02 §02・27-02 表 2 枠の減相関
3　小さな T^2 の基点の証明	小さな T^2 の基点 $\theta(L_0;T_{L_0}^2)\le 1-\varepsilon_0$ を、紫外の制御と挿入の一様な受理の下で示す（期待される大きさ $\varepsilon_0\propto(L_0\Lambda)^{11/3}$ は一ループの見立て）	小さな T^2 の基点（前提紫外の制御・挿入の一様な受理）	帯	26-02 §02・27-01 表 1 小さな T^2 の基点
4　非閉じ込め相の排除の問い	非閉じ込め相の排除：$\Delta F(L,L)\to 0$（速さを問わない）。既知の閉じ込めない相を排除するが、張力の一様な下界は与えない	't Hooft の張力の正値性の途中	質量ギャップ・面積則の一様な張力	26-01 §06・26-06 §08
5　ほぼ面積則の問い	ほぼ面積則：$\ln(1/\theta(L,L))\ge cL^2/\ln L$（ほぼ面積則。Tomboulis–Yaffe の不等式で周長則より速い減衰）	't Hooft の張力の正値性の途中	一様な張力	26-01 §06
6　β 単調性の問い	β 単調性：格子の幾何を止めて $\partial_\beta\Delta F\ge 0$。電場の流束で書き直すと格子単位の弦の張力の β 単調性と同じ重さの問題で、Wilson ループの期待値の β 単調性すら探した範囲で示されていない。帯の連鎖では繰り込みの比較を直接示せば要らない	繰り込みの比較（調整の役）	繰り込みの比較そのもの	26-06 §02
7　捩れのある板の Z_2・U(1)	捩れ n_{12} のある板で、$\mathbb{Z}_2$ と $U(1)$ の β 単調性が Ginibre の不等式から出ないことの照合（捩れが無ければ出る）	繰り込みの比較	$SU(2)$ の β 単調性	26-06 §01

問	問い（条件を同じ行に）	関わる行	決着しても動かないもの	出所
8　下の端の判定	下の端の判定：箱の境界の中心の磁束を変えたときの内側への影響 $\delta(L_0,\beta)$ による Dobrushin–Shlosman 型の有限の大きさの判定と、許される面の成長定数の計算機援用の数え上げで、閉じ込めと比較を $\beta \approx 0.3$〜1 へ押し上げる	繰り込みの比較の下の端	$\beta \approx 1$ より上（真ん中）	26-06 §04
9　強結合の端の記帳	強結合の端の展開の命題の記帳（体積の多面体と面の輪郭の相互作用）を書き下し、定数 $u_0 \approx 10^{-80}$ を大きくする	繰り込みの比較の強結合の端	粗面化（$\beta_R \approx 1.9$）より先	26-06 §03
10　真ん中の四つの顔	真ん中の四つの顔（捩れの向きの柔らかさ κ_w・箱の磁束の混合 $\delta(L_0)$・柱の捩れのコスト $f(\ell)$・圧力の余裕）のどれか一つを、尺度に一様に、$U(1)$ で破れる形で示す。手前の段として、κ_w と $\delta(L_0)$ を $U(1)$ を対照にした数値で試す	繰り込みの比較の真ん中	紫外の制御	26-06 §07
11　帯の中の両側の面積則の問い	帯の中の各 β で、固定した β の両側の面積則（周長の次数の誤差つき、帯の中の両側の面積則の仮定）。これが言えれば帯の中の比較は有限個の段に縮む（帯の中の比較の還元の補題）	繰り込みの比較	帯の上端と紫外の制御の継ぎ目	26-06 §06
12　ブロックと混合の道の残り	一段目のブロックと混合の道の残り：強い混合の第二段・第三段（拘束つきの Laplace の方法）、Varadhan 型の極限と Witten の Morse 理論（Neumann の箱の角）と一次元の鎖の標準の定理の原典の照合、最小点の曲率 $\lambda_*(12)$ と最適な道の到達の区間演算	二重井戸の一様なギャップ	緩和時間の上界と片側の橋の一様性（二重井戸の一様なギャップは縮図で含意ではない）	23-15 のブロックと混合の道・26-07 §06
13　凸性の閾と混合の長さ	一段目で、凸性の閾（頂上の最初の共役点 ≈ 7.84）と混合の長さ（約 9）が数値で近い理由	二重井戸の一様なギャップ	緩和時間の上界と片側の橋の一様性	26-07 §07 (c)
14　最小の帯の試金石	最小の帯を渡れるか：帯を渡ると称する道具を、二次元の漸近自由な模型（大きな N の $O(N)$ 模型・Gross–Neveu 模型）で、紫外の切断を外したまま先に試す（選別の基準「最小の帯を渡れる」。二次元 $O(3)$ の全ての温度の指数減衰も未解決とされる、照合未了）	't Hooft の張力の正値性（試金石）	四次元の帯	26-08 §07・問い「O(3) σ 模型の C_P と ξ^2」
15　大きなループの比較原理	比較原理の、大きなループだけの漸近の形 $\sigma_{\mathrm{tw}}(L) \le \sigma_\infty$。小さなループの形は数値で破れたが、この形は否定されていない（示す機構が無い）	't Hooft の張力の正値性	小さなループの比較原理（数値で破れている）	26-08 §04

問	問い（条件を同じ行に）	関わる行	決着しても動かないもの	出所
16　三つの新しい候補の試験	三つの新しい候補（帯のコンパクト性による還元・Weyl の測度の対数凹性と高さ・方位の分解・柱の局所の階段関数）のそれぞれを、選別の基準の試験に通す	繰り込みの比較の真ん中	どの候補も帯を閉じない	26-10 §05・§07

表 6 の読み。表 6 の 1〜3 は還元の定理（26-02 §03）の三つの仮定で、三つが揃えば帯の正しい形が出ます。ただし三つの性格は違い、非可換の力学が入るのは問い「横広げの不等式の非摂動の証明」だけです（枠の減相関の一様性は L を固定すれば構造の事実に置き換わり、問い「小さな T^2 の基点の証明」は弱結合の側の文）。問い「β 単調性の問い」から問い「帯の中の両側の面積則の問い」までは繰り込みの比較の内訳で、問い「下の端の判定」は下の端、問い「真ん中の四つの顔」は真ん中、問い「強結合の端の記帳」は強結合の端です。問い「最小の帯の試金石」から問い「三つの新しい候補の試験」までは試して止まった道と新しい候補の章（26-08・26-10）から出る問いです。問い「ブロックと混合の道の残り」・問い「凸性の閾と混合の長さ」は時間の側（一本目の道）の一段目の問いで、決着しても帯は動きません（26-07 §04）。紫外の制御の問い（紫外の問い）は第 15 部にあり、15-09 表 1 が索引です（表 1 の第五の出所）。

06

検討の記録が挙げた次の一手 — 二つの表を台帳の行で引く

第 25・26 部の材料には、検討の記録として「次の一手」の表が二つあります。一つは閉じる見込みの高い順に七行を並べた表、もう一つは取り組む順に四行を並べた表です。どちらも記録の上の表で、本の章ではありません。表 7 はその各行を、台帳の行と本の章の言葉で引いたものです。記録の表の「作業量」の目盛りは見込みの数で、根拠のある数ではないので写しません。

表 7　記録の二つの表の行と、台帳の行・本の章（行の中身の文は本の章の側にある）

記録の表	順	中身（本の言葉で）	台帳の行	本の章・この頁の問い

記録の表	順	中身（本の言葉で）	台帳の行	本の章・この頁の問い
閉じる見込みの順	1	一段目の強い混合の残り（Varadhan 型の極限の照合・拘束つきの Laplace の方法の一様な形）	二重井戸の一様なギャップ	23-15 のブロックと混合の道・ブロックと混合の道の残り
	2	一段目のブロックの対数 Sobolev 不等式（Witten の Morse 理論と分解の原典の照合・λ_* の区間演算）	二重井戸の一様なギャップ	同上・ブロックと混合の道の残り
	3	1 と 2 の継ぎ合わせ（一次元の鎖の標準の定理）	二重井戸の一様なギャップ	同上・ブロックと混合の道の残り
	4	分数インスタントンの格子の論文の逆向きの評価に要る正値性の補題（一つの尺度の低温のクラスター展開で）	繰り込みの比較の上の端	分数インスタントンの下界の逆向き・A-07 §06
	5	分数インスタントンの格子の論文の最小作用の一致（最小化元の指数的な減衰と切断）	繰り込みの比較の上の端	問い「最小作用の一致」
	6	強結合の端の記帳の書き下しと、定数 u_0 の改善	繰り込みの比較の強結合の端	問い「強結合の端の記帳」
	7	真ん中：四つの顔のどれかで尺度の間の比較を示す	繰り込みの比較の真ん中	問い「真ん中の四つの顔」
取り組む順	1	真ん中の顔のうち κ_w と $\delta(L_0)$ を、$U(1)$ を対照にした数値で試す	繰り込みの比較の真ん中	問い「真ん中の四つの顔」
	2	上の端：固定した N での準古典の定理の書き下し	繰り込みの比較の上の端	分数インスタントンの下界の逆向き・最小作用の一致・25-02 §06
	3	下の端：計算機援用の面の成長定数の評価と、箱の磁束の混合による判定の定式化	繰り込みの比較の下の端	問い「下の端の判定」
	4	帯の還元の論文に、階段関数の走査と $U(1)$ の対照を足す	—（論文の改訂）	A-07 §05

二つの表のどの行も、台帳の外の差には触れていません。台帳の外の差に向かう問いは、第 16 部の課題の表（16-07）と、証明が含むべき七つの段の表の未知の欄（16-09 表 1）にあります。

07

台帳の行から引く — 行ごとに、関わる問い

表 8 は、表 2〜表 7 を台帳の行の側から引き直したものです。行の中身・札・消えるのに要るものは 27-02 表 2 にあり、ここでは関わる問いの番号だけを並べます。問いの無い行は、問いの形に縮められるほど小さな段がまだ見えていない行です。

表 8　台帳の行と、関わる問い（この本の整理）

行	関わる問い
紫外の制御	容器の自由エネルギーの評価・太い渦の挿入の費用・問い「決まった写像の紫外の費用」（部分）、紫外の問い（15-09 表 1、答えの現在つき）。15-08 表 1（閉じない四行）と 15-09 表 1 がこの行を割った表
小さな T^2 のギャップ	—（捩れの部分は 25-01 で紙。a に一様な形は紫外の制御に依る）
挿入の一様な受理	太い渦の挿入の費用・挿入から面積則への不足・問い「合成した挿入の奇性」・問い「準静的の極限」
小さな T^2 の基点	問い「分数インスタントンの存在」・小さな T^2 の基点の証明
z の鏡映正値性	—（26-04 §03 に証明を置いた。この行は閉）
枠の減相関	問い「外側の容器の偏り」・容器の自由エネルギーの評価・枠の減相関の一様性
繰り込みの比較	強結合の端：強結合の端の記帳／繰り込みの比較の下の端：下の端の判定／繰り込みの比較の上の端：分数インスタントンの下界の逆向き・最小作用の一致／繰り込みの比較の真ん中：問い「U(1) の陰性対照」・真ん中の四つの顔／繰り込みの比較の真ん中の候補の試験：問い「三つの新しい候補の試験」／内訳の外：問い「整形の写像の誤差」・問い「β 単調性の問い」・問い「捩れのある板の Z_2・U(1)」・帯の中の両側の面積則の問い
't Hooft の張力の正値性（帯）	横広げの不等式の非摂動の証明（中身）・問い「非閉じ込め相の排除の問い」・問い「ほぼ面積則の問い」（途中の到達点）・問い「反転の確率が 1 に近い核」・問い「大きなループの比較原理」（帯の試験に使える形）・問い「最小の帯の試金石」（試金石）
二重井戸の一様なギャップ（一段目の残件）	問い「柱の模型の N^{−3} の係数」・問い「柱の模型の 1/P の符号」・問い「芯の最大相関の区間演算」・問い「芯と窓の前因子の冪」・問い「箱の交互の最大相関の比較」・問い「キンクの位置への還元」・ブロックと混合の道の残り・凸性の閾と混合の長さ
緩和時間の上界と片側の橋の一様性（四次元の目標、時間の側）	表 2 の 4・5・9〜13・17 と表 3 の 1〜12・14〜19（どれもこの行の言明の形を直す問いで、この行そのものではない）
R^4 への極限	—
二本の道の結び	—（何を仮定すれば足りるかの言明そのものが未定、27-01 §04）
一般の群	問い「三つの事実の SU(N) 版」（$SU(N)$ の部分だけ）
検証と査読	—

表 8 から読むこと。問いが多いのは繰り込みの比較と二重井戸の一様なギャップ・緩和時間の上界と片側の橋の一様性で、帯そのもの（'t Hooft の張力の正値性）の問いは横広げの不等式の非摂動の証明に集まります。非閉じ込め相の排除の問い・ほぼ面積則の問いは 't Hooft の張力の正値性より弱い途中の到達点で、決着しても 't Hooft の張力の正値性は消えません。台帳の外の差には、問いの形に縮められる段がほとんどありません。二本の道の結びは、問いを立てる前に、何を示せばよいかの言明を作るところから始まります。

この章が言えている範囲

言えている	言えていない
第 23・24 部の問いと規則の候補が、どの章のどの節から出たか（表 2〜表 4）	どの問いの答えも。状態と「決着しても動かないもの」の全文は出所の表にある
第 25・26 部の本文が開いたまま残した問いの一覧と、出所の節（表 5・表 6）	問いの大きさの見積もり。26-03〜26-05・26-09 の章の文のうち、表 6 の行と重なるもの以外は拾っていない
問いと台帳の行の対応（表 8、この本の整理）	問いが決着すれば行が消えること（行が消える規則は 27-02 §01）

出典と再現

もの	種別	出典・道具
表 2 の問い	本書	23-17 表 3
表 3・表 4 の問いと規則の候補	本書	24-08 表 1・表 2
表 5・表 6 の問い	本書	右の列の章の節（「言えないこと」「残るもの」「足りないもの」「地図」）
表 7 の記録の二つの表	本書	第 25・26 部の材料のうち、次の一手の表（閉じる見込みの順の七行）と、証明までの課題の一覧の「次に取り組む順」（四行）。行の中身は本の章の言葉に置き換えた
台帳の行の番号と名前	本書	27-02 表 2・表 3

この章で使った語 — 台帳の行・台帳の外の差・決着しても動かないもの・途中の到達点・横広げの不等式・枠の減相関・小さな T^2 の基点・β 単調性・繰り込みの比較・四つの顔・規則の候補・拡散型緩和時間の仮定。意味は A-02 用語集 と A-06 名前の索引 にあります。

次に読む章：27-04 主張しないこと（横断の索引） — 問いの裏側：この本が示していないこと、強く読まないこと、偽とも言わないこと。

主張しないこと（横断の索引）

この章は索引です。各章の該当の節へ案内します。

この章で分かること — この本が主張しないことを、部をまたいで一つの索引にしたもの。第 23 部の十四項目（23-16 表 2）と第 24 部の十六項目（24-08 表 4）は、項目を移さずに章と項目番号で引きます。第 25・26・27 部の本文の「言えないこと」の節から項目を拾い、この頁で表ごとの通し番号（表 4〜表 6 の項目 1〜）を振って、支える本文の場所と並べます。最後に、第 25〜27 部の文が一行の要約で条件を落とす例を表にします。

前提となる章 — なし。どこから読んでもよい章です。三つの意味（示さない・強く読まない・偽とも言わない）は 23-16 §01 のとおりに使います。台帳の行の番号は 27-02 表 2。

先に言うこと — この本は、ヤン–ミルズの存在と質量ギャップの問題を解いていません。この本の検討は連続極限を構成していません（周期の箱での連続極限と、相ごとの再構成は、2026-11-10 に公開された構成が示しました。委員会の評価の水準。第二巻）。質量ギャップの証明も、連続極限での閉じ込めの証明もありません。この章は、その事実を項目に割って書き出すだけで、新たな結果を足しません。

この章の順序

1. 索引の読み方 — 三つの意味と、部ごとの項目の数（表 1）
2. 第 23 部の十四項目 — 23-16 表 2 を引く（表 2）
3. 第 24 部の十六項目 — 24-08 表 4 を引く（表 3）
4. 第 25 部の項目 — 二本目の道の道具について（表 4）
5. 第 26 部の項目 — 帯について（表 5）
6. 第 27 部の項目 — 条件つきの言明と台帳について（表 6）
7. 条件は要約で落ちる — 第 25〜27 部の文と一行の要約（表 7）

01

索引の読み方 — 三つの意味と、部ごとの項目の数

「主張しない」には三つの意味があります（23-16 §01）。示さない：その命題について、この本は何も示していない。強く読まない：示したことには条件や仮定が付いていて、条件を外した形で読むと示していない文になる。偽とも言わない：ある方法で届かなかったことはその方法の性質で、届かなかった命題が偽だという主張ではない。ほかに、既知の再導出を成果に数えない・他の文書の正否を判定しない、という「判定しない・数えない」の項目があります。

三つ目は論理の形で書くと区別がはっきりします。「P を主張する」を $\vdash P$ と書くと、$\neg(\vdash P)$ と $\vdash \neg P$ は別の文で、この章の「主張しない」はいつも左の意味です。第 26 部の項目には、もう一つの向きがあります。数値の読みが命題の反対を示している場合（比較原理の測定、表 5 の項目 4）で、そのときも本は反対の命題を定理として主張せず、「読み」として置きます。

表 1　部ごとの項目（番号の付け方と数）

部	番号	数	引く表・節
第 23 部（一本目の道・前半）	項目 1〜14	14	23-16 表 2
第 24 部（一本目の道・後半）	項目 1〜16	16	24-08 表 4（規則の候補についての五項目は 24-08 §02 の末尾）
第 25 部（二本目の道）	通し番号 1〜13	13	この頁の表 4（各章の「言えないこと」）
第 26 部（移り変わりの帯）	通し番号 1〜12	12	この頁の表 5
第 27 部（閉じる）	通し番号 1〜6	6	この頁の表 6

第 23 部の項目は第 24 部にもそのまま効き（24-08 §04）、同じように、第 23・24 部の項目は第 25〜27 部にもそのまま効きます。特に「届かなかったことは偽の証拠ではない」（23-16 の項目 8・12）と「条件は要約で落ちる」（23-16 §06）は、全ての部に共通です。

02

第 23 部の十四項目 — 23-16 表 2 を引く

表 2 は項目の要旨と種類と、支える本文の主な場所だけを並べます。項目の全文と、支える本文の全ては 23-16 表 2 にあります。第 23 部の項目が名指す仮定は、拡散型緩和時間の仮定（上側は緩和時間の上界の仮定、下側は緩和時間の下界の仮定）で、表 2 の要旨はこの名で書きます。

表 2　第 23 部の項目（要旨。全文は 23-16 表 2）

項目	要旨	種類	支える本文（主なもの）

項目	要旨	種類	支える本文（主なもの）
1	存在と質量ギャップの問題の解決・連続極限の構成	示さない	23-01 §08
2	一段目でも二重井戸の緩和時間の冪の言明は示していない。一段目の上界の命題は四つの条件の上の代数	示さない	23-05 §08
3	四つの条件の全ての行が同時に成り立つ $\hbar$ は、まだ一つも無い	示さない	23-12 §06
4	計算機援用の結果は、計算した範囲の中の不等式	強く読まない	23-08 §10
5	読みは上界としても下界の証明としても使わない	強く読まない	23-00 表 1
6	Lean の定理は仮定から結論への代数の検査	強く読まない	23-13 §05
7	一段目から二段目以後へは、文の形と道具の形が持ち上がる見込みだけ	強く読まない	23-03 §06
8	ある道具で届かなかったことは、その道具の性質	偽とも言わない	23-10 の範囲の表
9	既知の再導出は成果に数えない。他の文書の正否は判定しない	判定しない	23-14 §03
10	四次元格子の側の記録も仮定のまま	示さない	23-01 §05
11	上界の仮定は片側の橋の仮定の下で隙間の下界を含意するが、逆は一般には偽。拡散型緩和時間の仮定は質量ギャップそのものではない	強く読まない	23-01 §06
12	迂回策の「死」は残る命題が偽だという意味ではない	偽とも言わない	23-10 §03
13	周期の箱で上界の仮定が破れるという読みは、文献の数値と予想の上の条件つきの読み	偽とも言わない	23-01 §05
14	仮定の行が残る命題を、結果として外へ出さない	数えない	23-12 §08

03

第 24 部の十六項目 — 24-08 表 4 を引く

表 3 は第 24 部の項目の要旨と種類と、支える本文の主な場所です。全文は 24-08 表 4 にあります。規則の候補について主張しないこと（無矛盾性も三段目への見込みも示さない、ブール代数の喩えは比喩、ほか五つ）は 24-08 §02 の末尾にあり、ここでは引くだけにします。

表 3　第 24 部の項目（要旨。全文は 24-08 表 4）

項目	要旨	種類	支える本文（主なもの）
1	存在と質量ギャップの問題の解決。連続極限・回転の回復・OS 公理・非自明性には触れない	示さない	24-00 §05

項目	要旨	種類	支える本文（主なもの）
2	緩和時間の仮定が偽であること（周期の箱の読みは原典の数値と予想を延ばした読み）	偽とも言わない	24-01 §06
3	区画の版と局所の版は定義の候補で、どの β でも示していない	示さない	24-03 §07
4	片側の橋は時間を連続に取った格子の上の不等式。Wilson の時間を刻む格子では時間の刻みの比べの仮定（論文「片側の橋」の (D)）が残る	強く読まない	24-04 §08
5	「隙間＝真空の測度の Poincaré 定数」は恒等式で、問題を易しくしたとは言わない	強く読まない	24-05 §07
6	保存が壊れる長さの定義と、比べる相手の言い直しは候補	強く読まない	24-02 §08
7	階層模型と二次元の模型の結果は、四次元に何も含意しない	強く読まない	24-06 §09
8	物理の非摂動的な機構（閉じ込め・インスタントン・中心渦・双対）は、第 24 部では証明の道具として使っていない	示さない	24-07 §08
9	「四次元だからこそ」の二点は臨界次元の性質としての見立て	強く読まない	24-07 §01
10	第 23 部の「主張しないこと」は第 24 部にもそのまま効く	—	23-16 §02
11	局所の版は定義と比の形まで。対象のゲージ理論について局所の拡散型緩和時間の仮定を示していない	示さない	24-03 §03
12	局所の橋の閾は参照の取り方と試験の観測量の族に依る	強く読まない	24-04 §06
13	0+1 の二重井戸では局所の比は 1 にならない。四次元で短い距離で 1 に近づくとするのは漸近自由に依る仮定	強く読まない	24-04 §07
14	保存が壊れる長さを測ったのは二次元 $U(1)$ の幅 2 の領域だけ	強く読まない	24-02 §03
15	$SU(2)$ で位相電荷の凍結が緩和時間の仮定を壊すかは決まっていない	偽とも言わない	24-07 §07
16	二次元 CP^{N-1} の試験台の結果は四次元に何も含意しない	強く読まない	24-02 §07

第 24 部の項目 8 は、第 25・26 部と並べると読み方に注意が要ります。第 24 部は中心渦やインスタントンを証明の道具として使いませんでしたが、第 25 部は渦の面と分数インスタントンを道具の中心に置きます。ただし使うのは格子の上の有限の恒等式と、格子間隔を固定した評価と、条件つきの文だけで、物理の機構をそのまま証明に持ち込むことはしていません（表 4 の項目 2・4・5）。

> 04

第 25 部の項目 — 二本目の道の道具について

第 25 部（空間の方向から）の各章の「言えないこと」の節から拾った項目です。群は $SU(2)$、小さな T^2 には捩れ $n_{12}=1$ を入れた場合です。種類の列は三つの意味（と「判定しない・数えない」）です。

表 4　第 25 部が主張しないことと、それを支える本文の文

項目	主張しないこと	種類	支える本文の文（要旨）
1	「小さな T^2 の大きさまで弱結合のまま」は定理ではない。紫外の制御を仮定した上での物理の見立てで、格子間隔に一様な評価はこの本のどこにも無い。小さな T^2 と $\mathbb{R}^4$ が相転移なしにつながること（断熱的な連続性）は予想で、使わない	示さない	25-00 §08 の (a)(b)
2	板の閉じ込めの定理は、格子間隔と T^2 の大きさ N を固定した文。下界 $-\ln\tanh(\beta N^2)\approx 2e^{-2\beta N^2}$ は連続極限で 0 になり、$N\to\infty$ でも消える。格子間隔に一様な張力についても、四次元の閉じ込めについても何も言わない	強く読まない	25-04 §07 の (a)(b)・§04
3	容器の恒等式は Mack–Petkova の恒等式の書き直しで、既知。和のアンサンブルでの書き直し・固定した区画への移し方・入れ子・挿入の恒等式・板の閉じ込めの定理も初等的で、先行文献との照合が済んでいない。この部の結果に新しさは主張しない	数えない	25-03 §08 (a)・25-04 §06・25-05 §08 (d)
4	挿入の恒等式と不等式は、どれも閉じ込めを導かない。大偏差の段・紫外の段・二次モーメントの上界が残る	示さない	25-05 §08 (a)・§07
5	希薄な分数インスタントンの気体の勘定（弦の張力 $\propto\Lambda^2(\Lambda L)^{5/3}$、余裕 $5/3=11/3-2$）は、$\Lambda L\ll 1$ の希薄な領域・一ループの水準の物理の見立て。冷却で得た作用の値は最小作用の上界で、下界ではない	強く読まない	25-02 §07 の (a)(b)
6	分数インスタントンによる閉じ込めの下界（論文 3 の定理 A）は草稿の言明で、この本の札は「仮」。N に一様でなく、連続極限についても質量ギャップについても何も言わない。逆向きの評価（M に一様）は開いている	強く読まない	25-02 §06・§07 (e)
7	四次元で独立な容器から出るのは $R/\ln R$ まで、という勘定は、原典の仮定（太い容器の自由エネルギーが境界の値に一様な形）の上の勘定で、四次元の定理ではない。その仮定もその否定も示していない	強く読まない	25-03 §08 (d)
8	捩れた T^2 の三つの事実（真空の一意性・随伴の場のギャップ $4\sin^2(\pi/2N)$・(1,1) の区画に平坦な配位が無いこと）は、格子間隔 $a\to 0$ について何も言わない。随伴の場のギャップは古典の揺らぎの下限で、量子の有効作用のギャップではない	強く読まない	25-01 §09 (a)
9	Lean の欄は有限和と実数の代数だけ。$SU(2)$ の Haar 測度・余閉な符号の場・区画の位相と射影・θ が区画の偏りであることは Lean の外	強く読まない	25-03 §08 (f)・25-04 §07 (e)・25-05 §08 (b)
10	この部のどの文も、T^2 を $1/\Lambda$ を越えて広げることについて何も言わない。その段が移り変わりの帯で、二本目の道はそこで止まる	示さない	25-02 §07 (d)・25-09

項目	主張しないこと	種類	支える本文の文（要旨）
11	駆動した挿入の恒等式と流れの補題は閉じ込めを導かない。「一段の核では反転の確率が $\frac{1}{2}$ 程度で頭打ち」は測定と記録の判断で、定理ではない。Crooks の関係と Jarzynski の等式は既知	強く読まない	25-06 §08 の (a)(d)(e)
12	等長的な写像と整形する写像の比較は一ループ（ガウス）の水準の文。「上界は変分と明示的な構成からしか出ない」はこの本の道具の一覧についての判断で、定理ではない。余りの相対エントロピーが面積に比例することは、一般の写像については見立て	強く読まない	25-07 §08 の (a)(c)(e)
13	第 25 部の測定の数は証明ではない。T^2 を広げた傾向は帯を数値で示すものではなく（$L\sqrt{\sigma} \approx 2$ 程度まで）、同時の反転の測定を帯の数値的な姿として読むことは撤回されている	強く読まない	25-08 §07 の (a)(b)(f)

05

第 26 部の項目 — 帯について

第 26 部（移り変わりの帯）の各章から拾った項目です。帯は、弱結合から強結合へ移る尺度 $L \sim 1/\Lambda$ の前後の区間で、第 23・24 部の「窓」とは別物です（26-00 §02）。

表 5　第 26 部が主張しないことと、それを支える本文の文

項目	主張しないこと	種類	支える本文の文（要旨）
1	帯は未解決。帯を渡る文（$\ln(1/\theta(L,L)) \geq cL^2$ が L に一様、またはその途中の到達点）を、この本はどの形でも示していない。繰り込みの比較も β 単調性も、帯のどの β でも示していない	示さない	26-01 §06・26-02 §08・26-06 §09 (a)
2	還元は問題を易しくしたのではない。還元の定理は三つの仮定の上の文で、横広げの不等式の強い形は閉じ込めより強い（板の張力の単調性を含む）。帯の中の比較を固定した β の面積則に縮める補題も還元で、その仮定は未解決の問題を含む	強く読まない	26-02 §05・26-06 §09 (c)・27-02 §03
3	「繰り込みの比較は両端で成り立つ」を条件を外して読まない。強結合の端は $u \leq u_0 \approx 10^{-80}$ の範囲の、記帳の一部が概略の筋で、弱結合の端は一ループの水準の計算。非摂動の弱結合の比較は、どの β でも示されていない	強く読まない	26-06 §09 (b)・§03
4	比較原理（$\mathbb{R}^4$ の Wilson ループが捩れた板のループで押さえられる、という形）は一ループの水準の文で、非摂動の道具として使わない。$SU(2)$・Wilson 作用・$\beta = 2.1$ で、捩れのある板 $16 \times 16 \times 2 \times 2$ のプラケットが 16^4 より低い（誤差を両側から取って 7σ、独立な再実行で 5.5σ）ので、小さなループで破れている。本はこれを反証の読みとして置く 読 （定理ではない）	強く読まない	26-08 §04
5	格子を 2 倍にする試験の数値（8^4 までの小さな格子・少ない β・1〜3 本の種）は向きの読みで、$SU(2)$ に閉じ込めない相への相転移が無いことの証拠ではない	強く読まない	26-06 §09 (d)・26-00 §03 (ii)
6	β 単調性が偽だとは言わない（反例は見つかっていない、読）。真ん中の四つの顔は候補で、どれも尺度に一様な評価を持たない	偽とも言わない	26-06 §09 (e)(f)

項目	主張しないこと	種類	支える本文の文（要旨）
7	一段目の壁「頂上の曲率の不足の壁」は帯の縮図であって帯ではない。一段目の結果が四次元の何かを含意するとは言わない。四次元に「移り変わる長さを越える有限のブロック」が無いことは、ブロックの道が四次元で不可能だという主張ではない	強く読まない／偽とも言わない	26-07 §07 の (b)(f)・26-00 §05
8	ブロックと混合の道が一段目を閉じるとは言わない。行は隠れた凸性の命題を除いて「仮」と「読」	示さない	26-07 §07 (d)・23-15 のブロックと混合の道
9	「非可換が効く唯一の場所」は「この還元の中で」という限定つきの言い方。余裕 $5/3 = 11/3 - 2$ は希薄な領域・一ループの水準の物理の見立て	強く読まない	26-02 §08・26-00 表 1
10	構造だけの入力（鏡映正値性・中心と双対の恒等式・転送行列の正値性）から横広げの不等式が出ない、という否定の補題は「この入力の組だけでは」の形の文で、帯が渡れないという主張ではない	偽とも言わない	26-00 表 1・26-04 §04
11	新しい見方の候補は、どれも帯を閉じない。帯のコンパクト性による還元は還元で、帯を易しくしたとは言わない。候補が既知の事実の組み合わせでないとも言わない	示さない	26-10 §07 の (a)(b)(g)
12	試して止まった道の「止まった」は、その道具が帯を渡れなかったという意味で、道の目標の命題が偽だという意味ではない。見立ての理由で止めた道は、新しい入力があれば開き直せる	偽とも言わない	26-08 §01

06

第 27 部の項目 — 条件つきの言明と台帳について

表 6　第 27 部が主張しないことと、それを支える本文の文

項目	主張しないこと	種類	支える本文の文（要旨）
1	閉じ込め（面積則）は質量ギャップではない。面積則から質量ギャップを出す既知の道は無く、二つを同じ理論の上で結ぶ矢印は開いている（何を仮定すれば足りるかの言明も未定）	示さない	16-09 §03・27-01 §04・25-00 §08 (c)
2	条件つきの言明は、帯を仮定に置いた限りでの言明。「定理」と呼ぶのは紙の証明を本に置いた矢印だけで、帯の形の仮定（横広げの不等式・一様な板の張力・一様な板のギャップ）は結論の中身を担っている	強く読まない	27-01 §05
3	$\mathbb{R}^2\times$ 小さな捩れた T^2 の研究計画の命題（ギャップの側の小さな T^2 のギャップの矢印・閉じ込めの側の小さな T^2 の面積則の矢印）は条件つきで、筋の段にある。小さな T^2 のギャップの矢印の仮定（ブロックの相関が率 $m \geq c/L$ で減る）は結論の量を含む	強く読まない	27-01 §02・§03
4	台帳の行が全て消えても、問題が解けることにはならない。$\mathbb{R}^4$ への極限（27-02 表 3 では四行に割った）・二本の道の結び・一般の群・検証と査読の四つ（内訳を入れて七行）が残る	示さない	27-02 §05・27-00 §01

項目	主張しないこと	種類	支える本文の文（要旨）
5	記録の上で閉じている行（印 ■）は、本の台帳から消えたことを意味しない。行が消えるのは、紙の証明が本に置かれ、Lean の欄があればその再検査が済んだときだけ	強く読まない	27-02 §01
6	台帳の行の数は進み具合の目盛りではない。行は割れて増えることもある	数えない	27-02 §06

07

条件は要約で落ちる — 第 25〜27 部の文と一行の要約

主張を強く読む誤りは、多くの場合、本文の文を一行に縮める段で起きます（23-16 §06）。表 7 は、第 25〜27 部の本文の条件つきの文と、条件を落としきった一行を並べたものです。右の列の文はどれも、この本が示していない文です。

表 7　本文の文（条件つき）と、条件の落ちた一行（右はどれも誤り、または示していない文）

話題	本文の文	条件の落ちた一行
板の閉じ込め	格子間隔と T^2 の一辺 N を固定すれば、全ての β で $\sigma \geq -\ln\tanh(\beta N^2)$ 初 （25-04 §02）	格子ゲージ理論の閉じ込めが示された
分数インスタントンによる閉じ込めの下界	固定した $N \geq 2 \cdot \ell \geq 2 \cdot \beta \geq 1 \cdot M \in 2\ell\mathbb{N}$ で、率 $S_*(N,\ell)$ の面積則の下界（草稿の言明。本の札は 仮 、25-02 §06）	分数インスタントンが閉じ込めを起こすことが示された
一ループの比較	揺らぎを整形する比較で $\beta - \beta' = 0.258$（二倍あたり） 初 （一ループの水準、26-06 §03）	繰り込みの比較が成り立つ
二倍の試験	$SU(2)$ で読んだ $\beta - \beta'$ は $+0.13$〜$+0.25$（$4^4 \to 8^4$ ほか・$\beta = 2.5$〜3.0・種 1〜3 本） 読	$SU(2)$ には帯の中に相転移が無い
還元の定理	基点・枠の減相関・横広げの不等式の三つの仮定の下で、帯の正しい形が出る 初 （条件つき、26-02 §03）	帯は一つの不等式に帰着して、易しくなった
帯の中の比較	帯の各 β での両側の面積則（帯の中の両側の面積則の仮定）の下で、帯の中の比較は有限個の段に縮む 初 （26-06 §06）	帯の中の繰り込みの比較が示された
Lean の反復	`Doubling.iterate`（仮定：$c \geq 0 \cdot t_k \geq 0 \cdot t_{k+1} \leq c^3 t_k^4$。結論：$c t_k \leq (c t_0)^{4^k}$）は実数の列の代数	帯の還元は Lean で検査された
z の鏡映正値性	26-04 §03 に証明を置いた。最後の段の代数は Lean（ReflPos）でも閉じている。この行は閉（27-02 §01）	z の鏡映正値性の証明は全て Lean で検査された

表 7 の誤りの型は、第 23 部の表 5 と同じ二つです。一つは範囲（格子間隔の固定・N の固定・一ループの水準・小さな格子）が落ちる型、もう一つは分類（読・仮・Lean の範囲）が落ちる型です。第 25〜27 部ではもう一つ、「還元した」を「易しくした」と読む型が加わります。還元は難しさの場所を一つに集めたもので、難しさを減らしたものではありません。

この章が言えている範囲

言えている	言えていない
この本が問題文（0-03）の存在と質量ギャップについて何も示していないこと。第 23・24 部の項目がどの章のどの文に支えられるか（表 2・表 3）	問題文の主張の真偽。連続極限の存在（この本の検討の側では。公開された構成が周期の箱で示した）。体積に一様な隙間
第 25・26・27 部の項目と、それを支える本文の場所（表 4〜表 6）	各項目の命題の真偽。26-03〜26-05・26-09 の章の文のうち、表 5 の行と重なるもの以外は拾っていない
第 25〜27 部の条件つきの文と、条件の落ちた一行の対（表 7）	表 7 の右の列の文が偽であること（示していない、というだけ）

出典と再現

もの	種別	出典・道具
三つの意味	本書	23-16 §01
表 2 の各行	本書	23-16 表 2 と、その右の列の章
表 3 の各行	本書	24-08 表 4 と、その右の列の章
表 4〜表 6 の各行	本書	右の列の章の「言えないこと」「残るもの」「台帳の外に残る差」の節
表 7	本書	左の列の章の言明と札。数値の条件は 26-00 §03 (ii) と 26-06 §05
問題文	典	A. Jaffe, E. Witten, Quantum Yang–Mills Theory, Clay Mathematics Institute (2000)（0-03 の出典表）

この章で使った語 — 示さない・強く読まない・偽とも言わない・判定しない／数えない・要約で落ちる条件・移り変わりの帯・還元・台帳の外に残る差・拡散型緩和時間の仮定。意味は A-02 用語集 と A-06 名前の索引 にあります。

次に読む章：28-00 入口 — 示すべき言明と、表現を通した十分条件。あわせて読むなら A-07 この本から出た論文 — 論文ごとの主定理と、その札と条件。第 27 部の入口に戻るなら 27-00。