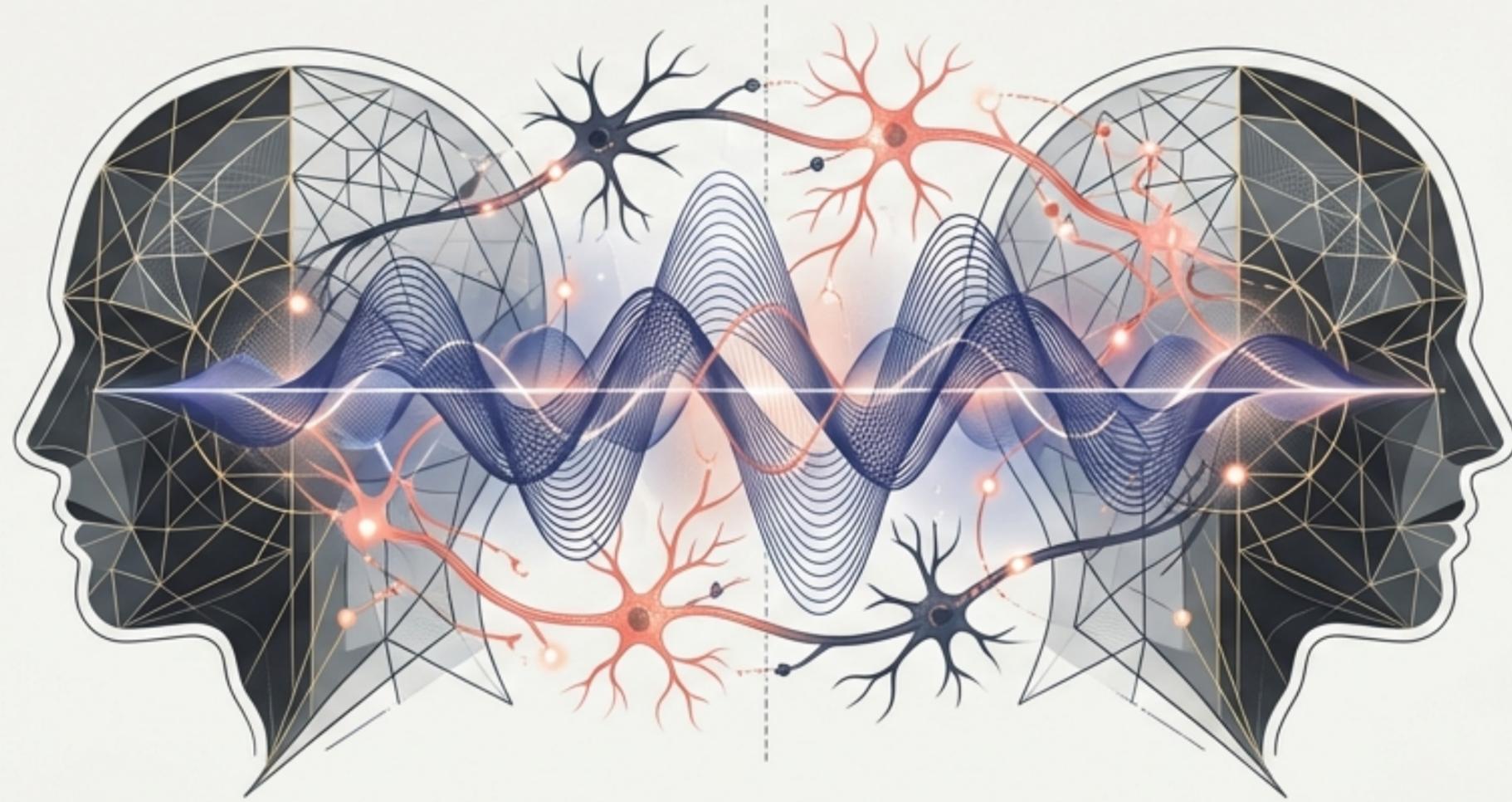


学際的スポーツ科学研究：パレーボールにおける多感覚統合モデル



# あうんの呼吸の科学

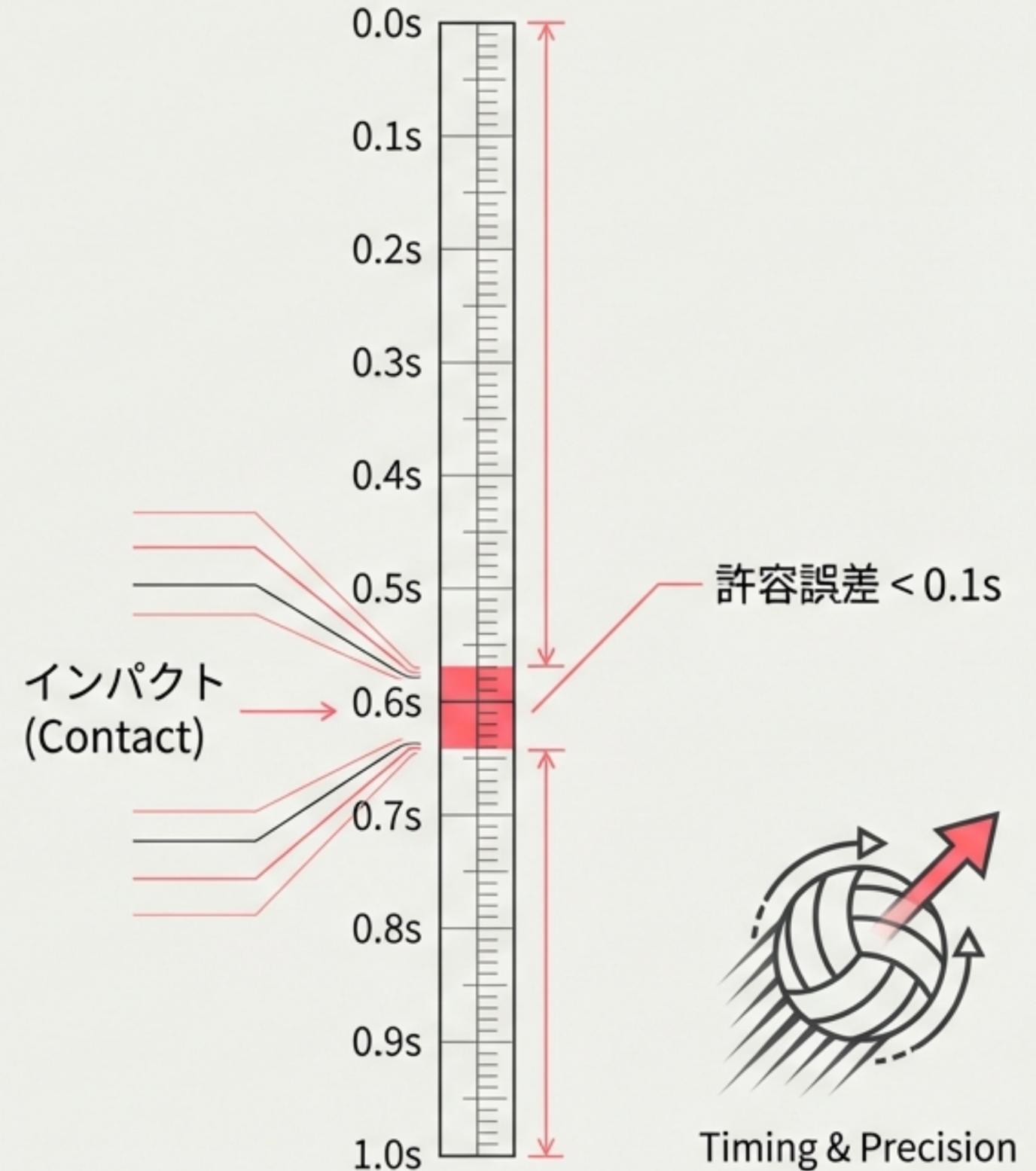
時間の伸縮性と音響的同期

2026年2月3日

# 0.1秒の支配領域

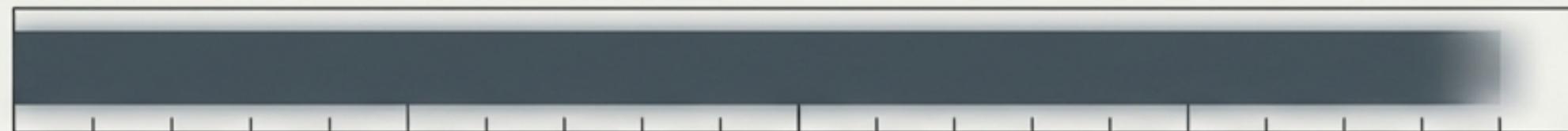
バレーボールにおけるセッターとアタッカーの連携は、極限のタイミング制御を要求します。その許容誤差はわずか0.1秒単位。

従来の理論は「視覚フィードバック」と「反復練習（筋記憶）」でこれを説明しようとしてきました。しかし、ここに生理学的な矛盾が存在します。



# 視覚の限界：目は遅すぎる

視覚処理速度  
(Visual Processing)



180-200ms

(Jain et al., 2015)

競技の要求精度  
(Required Precision)



< 100ms

視覚情報が脳に到達し、処理されるには約0.2秒かかります。高速で展開する試合中、視覚得報だけに頼っているのは、脳の処理は常に「過去の映像」を見ていることになります。

**「見てから合わせる」のでは、間に合わない。**

# 「音で合わせる」という直感

## 「ボールを見るな、音を聞け」

— トップアスリートの証言

選手たちは頻繁に「音で合わせる」という表現を用います。本研究は、この直感的な感覚が、実は最も合理的な神経生物学的戦略であることを証明します。



1. 知覚心理学：時間は伸縮する

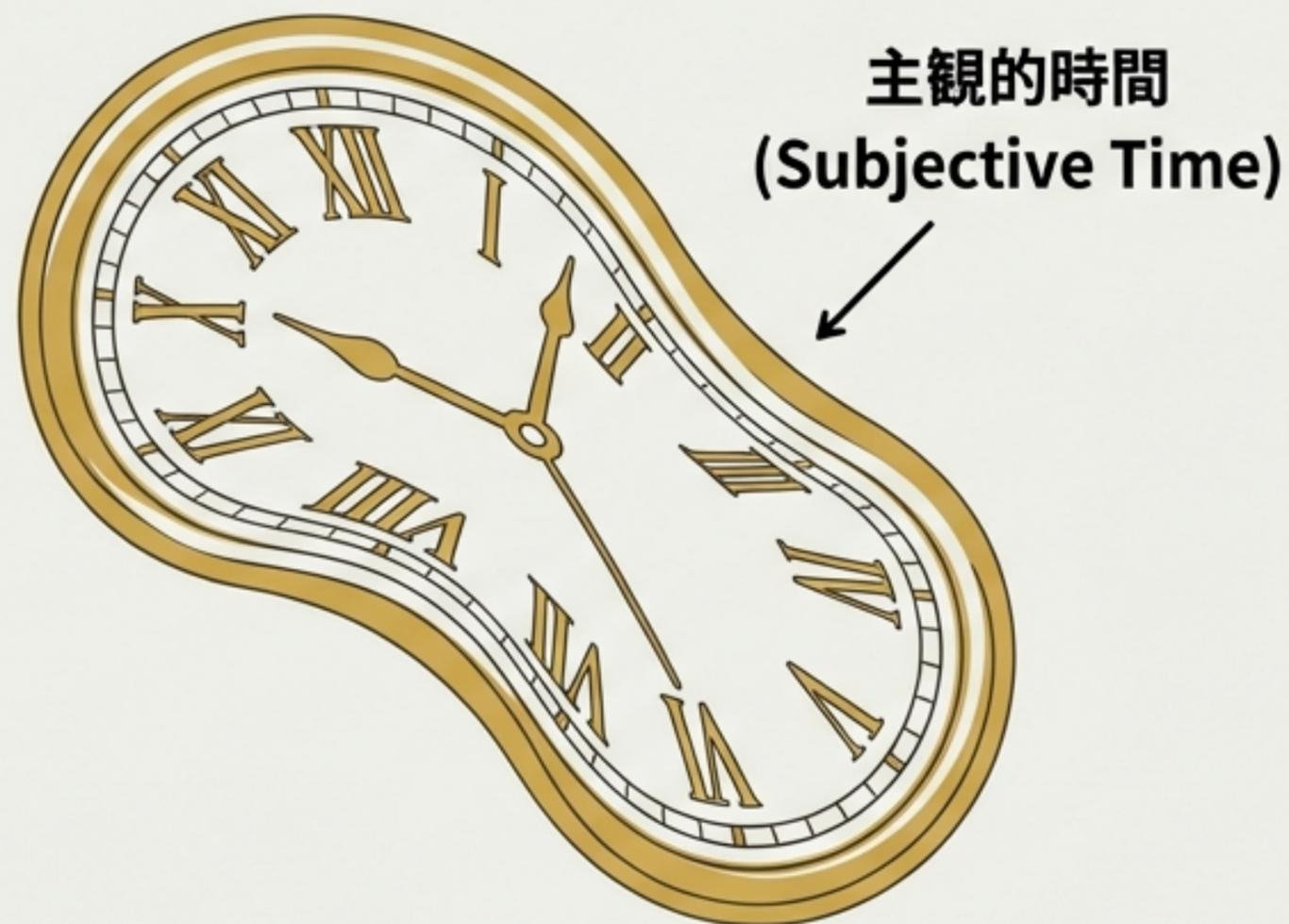


2. 神経科学：耳は目より速い



3. 音楽理論：ズレがグルーブを生む

# キー1：時間の伸縮性

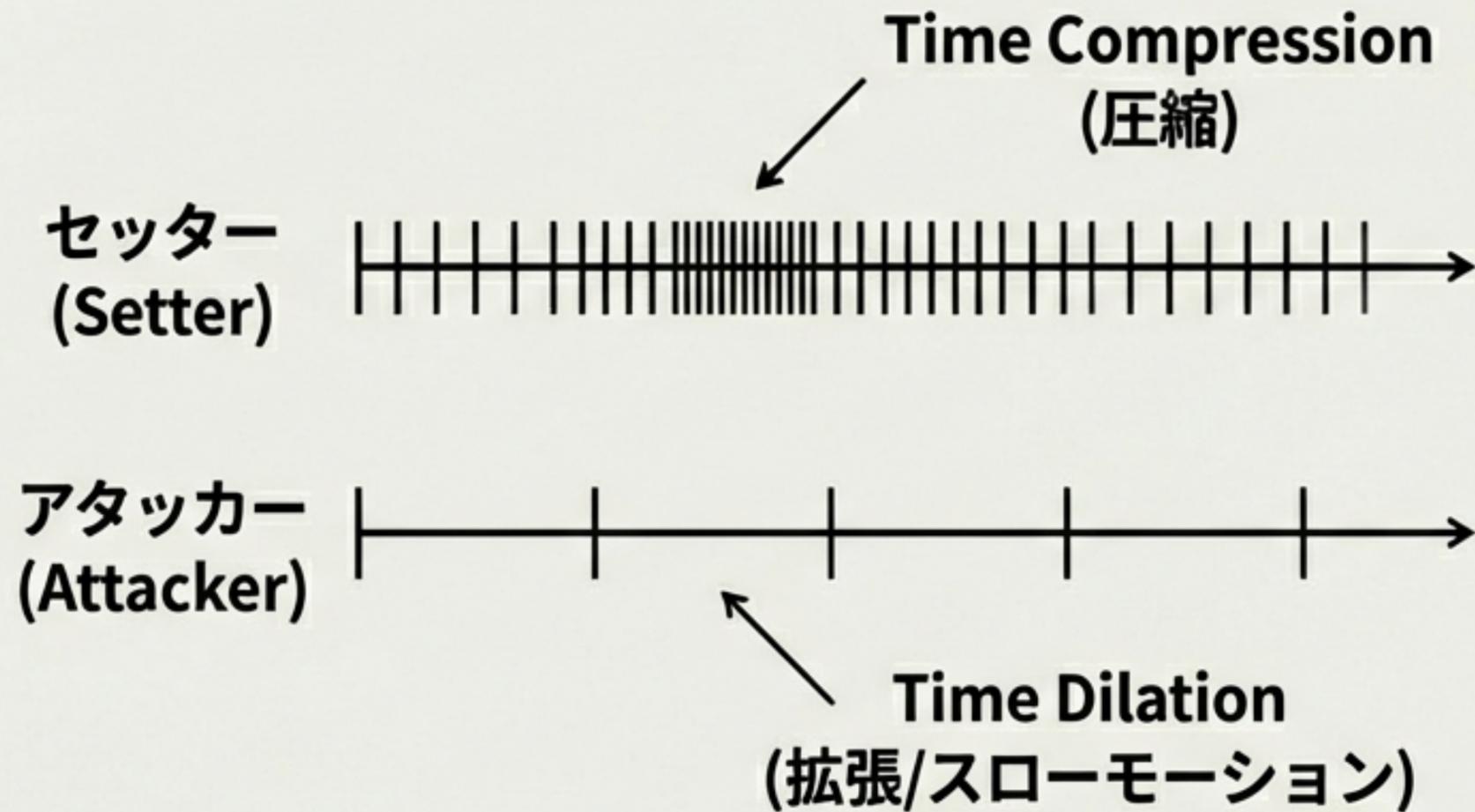


物理的な時間は一定ですが、脳が感じる「主観的時間」はゴムのように伸縮します。

- 線条体のドーパミン濃度上昇が「内的時計」を加速させる (Meck, 1996)。
- 試合中のような高覚醒状態では、同じ1秒が長く感じたり (Time Dilation)、一瞬で過ぎたり (Time Compression) します。

**選手ごとに時間の感じ方が歪んでいるため、絶対的な「メトロノーム」のような同期は不可能です。**

# フロー状態と時間の歪み



Csikszentmihalyi (1990) のフロー理論および Eagleman (2005) の研究により、極限集中時 (ゾーン) には記憶 符号化密度が変化し、時間の流れが歪むことが示されています。

**互いの時間軸が伸び縮みする中で同期するには、  
「相対的なリズム」を共有する新しい基準が必要です。**



# キー2：聴覚の優位性

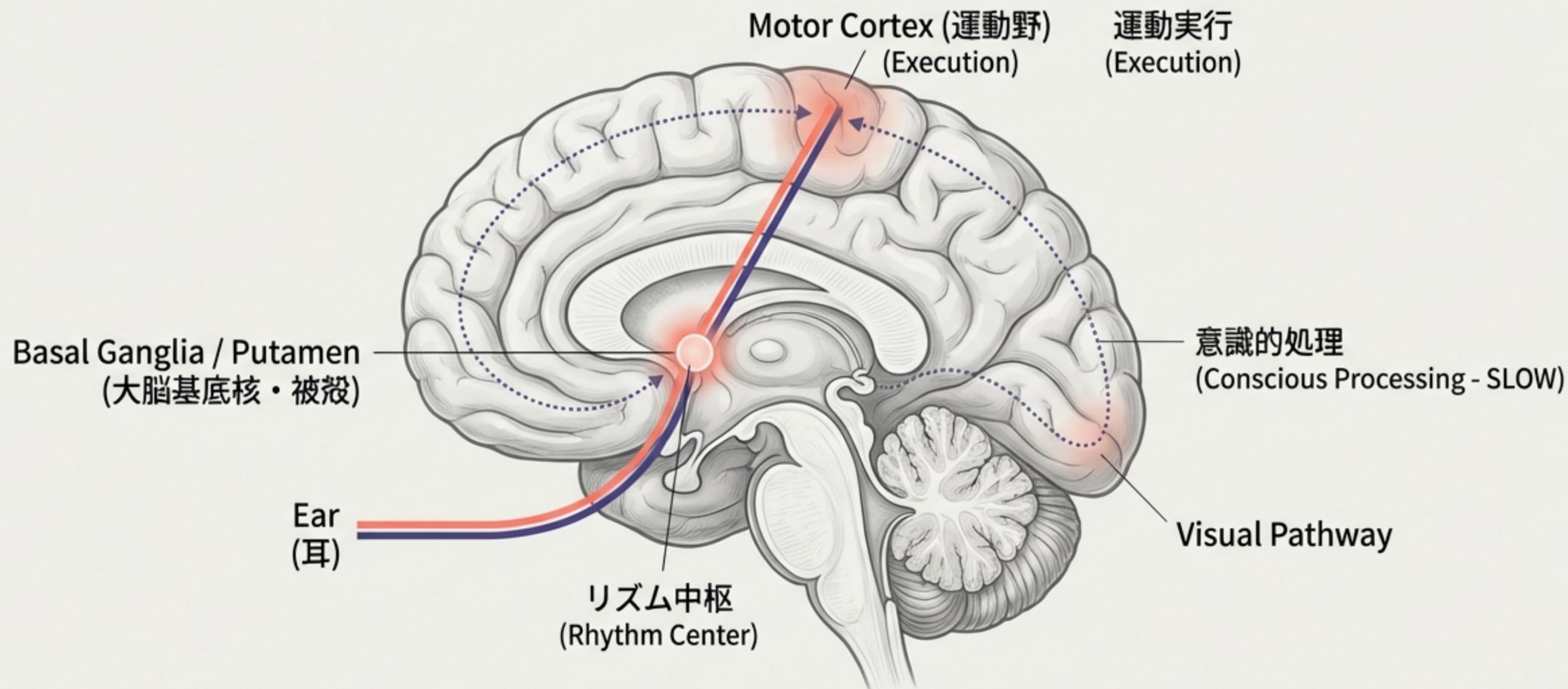
Reaction Times (単純反応時間)



聴覚刺激への反応は、視覚よりも 20-40ms 速い (Shelton & Kumar, 2010) 。  
0.1秒を争う世界において、この差は決定的です。「音」は脳への直通便なのです。

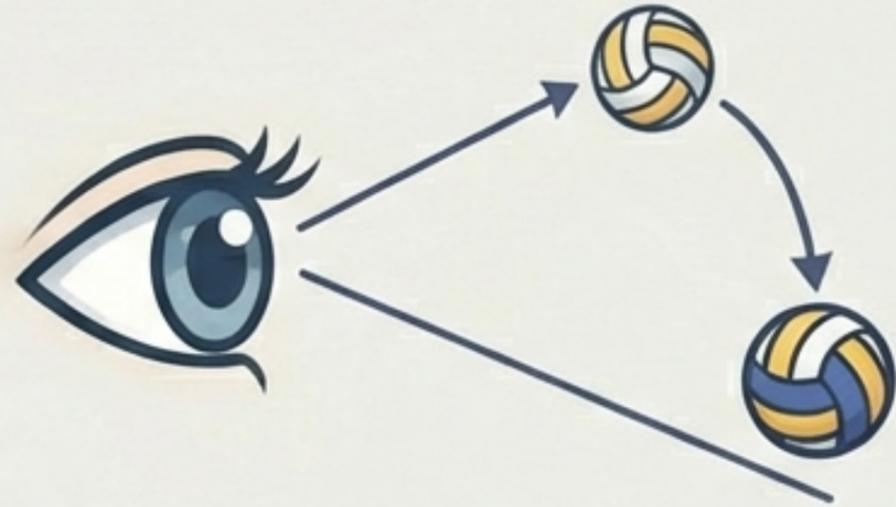


# 思考をバイパスする「聴覚-運動」回路



リズム知覚において、被殻（Putamen）が中核的な役割を果たします。聴覚情報は意識的な思考処理を経ずに、直接的に運動準備本状態を誘発します。「考える前に体が動く」現象の正体です。

# 役割分担：空間の眼、時間の耳



## VISUAL (視覚)

空間情報 (Spatial Information)

ボールはどこにあるか？軌道は？



## AUDITORY (聴覚)

時間情報 (Temporal Information)

いつ動くか？ (Trigger)

結論：視覚が優れているのは「空間」です。しかし、「タイミング」に関しては聴覚が支配的な感覚 (Dominant Sense) となります。

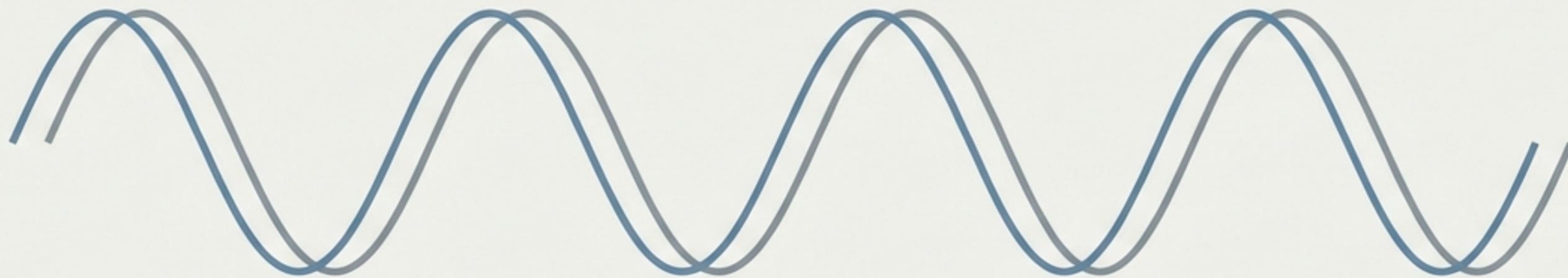
# キー3：同期の時間窓



人間にとっての「同時」とは、0msの点ではなく、幅のある「窓」です。

±30-50msのズレは誤差ではなく、脳が「同時」と認識する安全地帯 (Safety Zone) です (Rasch, 1988)。

# 「ズレ」が適応力を生む



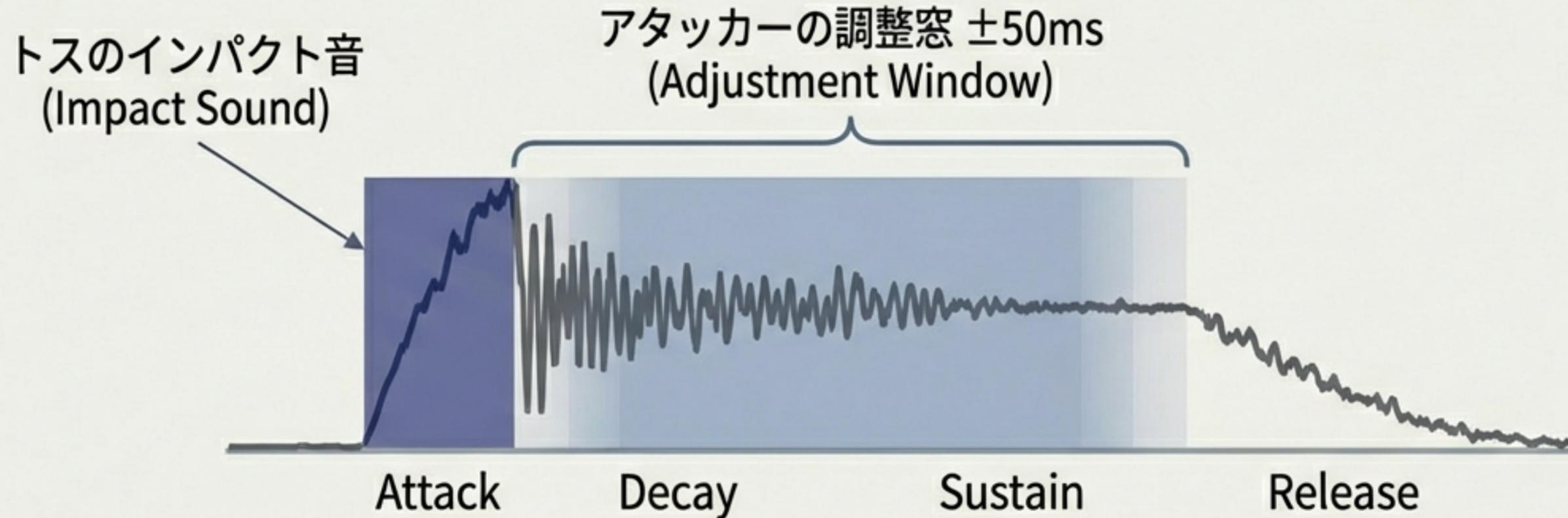
マイクロタイミング変動 (Micro-timing deviations)

ジャズ・アンサンブルの研究 (Wing et al., 2014) によれば、機械的な完全同期 (0ms) は「生気がない」と感じられます。

人間は±50msのズレを持つことで、相互に予測し合い、修正し合う「柔軟な結合」を作り出します。

バレーボールにおいて、この「遊び」があるからこそ、疲労やイレギュラーなトスの変化を吸収できるのです。

# トス音という「時間的アンカー」

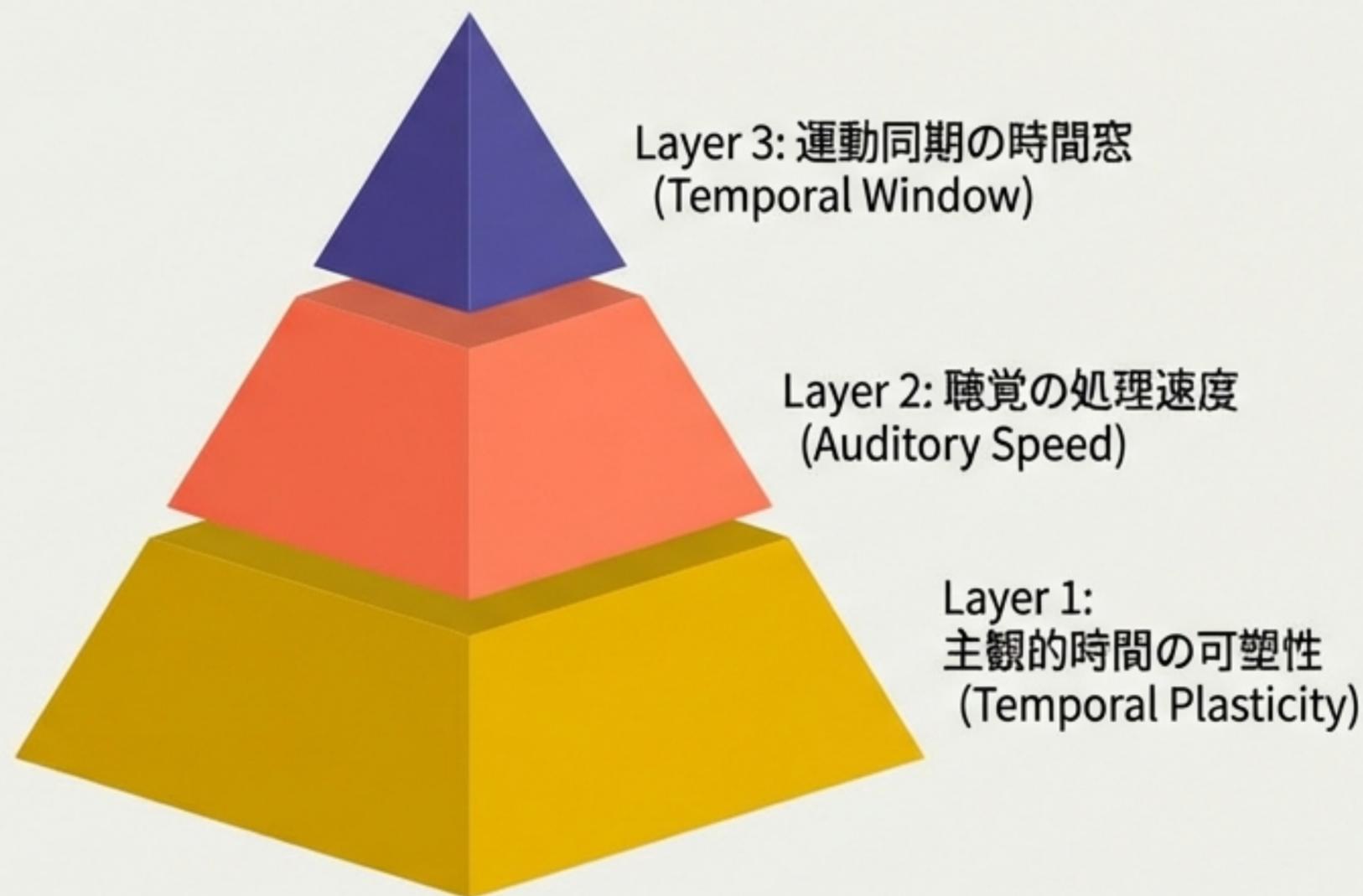


1. セッター：トスのインパクト音（短衝撃音）を発する。
2. アタッカー：その音を基準点（アンカー）として、自分の動作を時間窓内に収める。

Keyword: 予測的遅延/先行 (Predictive Shift)

- 相手の音に合わせて、無意識に自分のタイミングを微調整するプロセス。

# 統合モデル：多感覚統合的時間同期



3つの科学的メカニズムが重なり合い、最強の同期システムを構築する。

- Layer 1: 時間は伸縮する前提。
- Layer 2: 視覚より40ms速い伝達経路。
- Layer 3:  $\pm 30-50\text{ms}$ のバッファによる調整。

# 音響的同期のプロセス



視覚の遅延を聴覚で補い、時間の揺らぎを音楽的な「遊び」で吸収する。

## 結論：柔軟な対話プロトコル



「音で合わせる」とは、単なるタイミング合わせではありません。  
それは、互いに伸縮する時間を共有し、誤差を許容しながら接続するための「対話 (Dialogue)」です。

我々はロボットではない。だからこそ、機械時計 (視覚) ではなく、音楽 (聴覚) でつながる  
機械時計) ではなく、音楽 (聴覚) でつながる必要があるのです。

# 今後の展望とトレーニングへの示唆



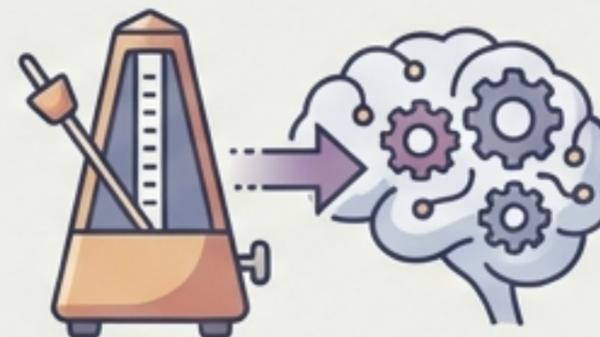
## 環境音の制御

練習時のノイズを減らし、打球音をクリアにする。



## 聴覚キューの活用

視覚情報（ボール）を隠した状態でのブラインド・トレーニング。



## 「アウン」の科学化

経験則だった「呼吸」や「間」を、音響工学的にデザインする。

**「スポーツの未来は、目に見えない『音』の中にある。」**