

観客どうしの同期 “劇場”での集合的感情へ

①共通入力による同期

→オンライン配信でも生じる

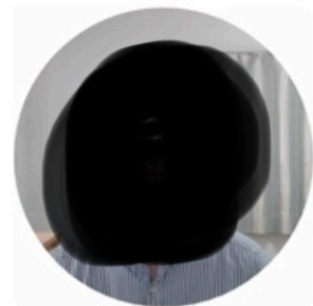
②観客間の相互作用による同期

→オンライン配信では生じない
“いまここ”を共有する



同期

同期(synchronization)



「振動子(群)が何らかの相互作用や周期
外力の作用によって振動タイミングを
揃える現象」

振動子…振動する系(位相と振幅を持つ)

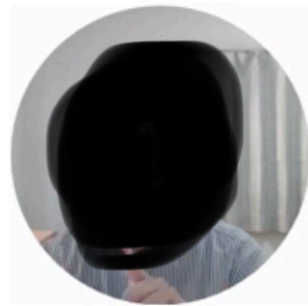
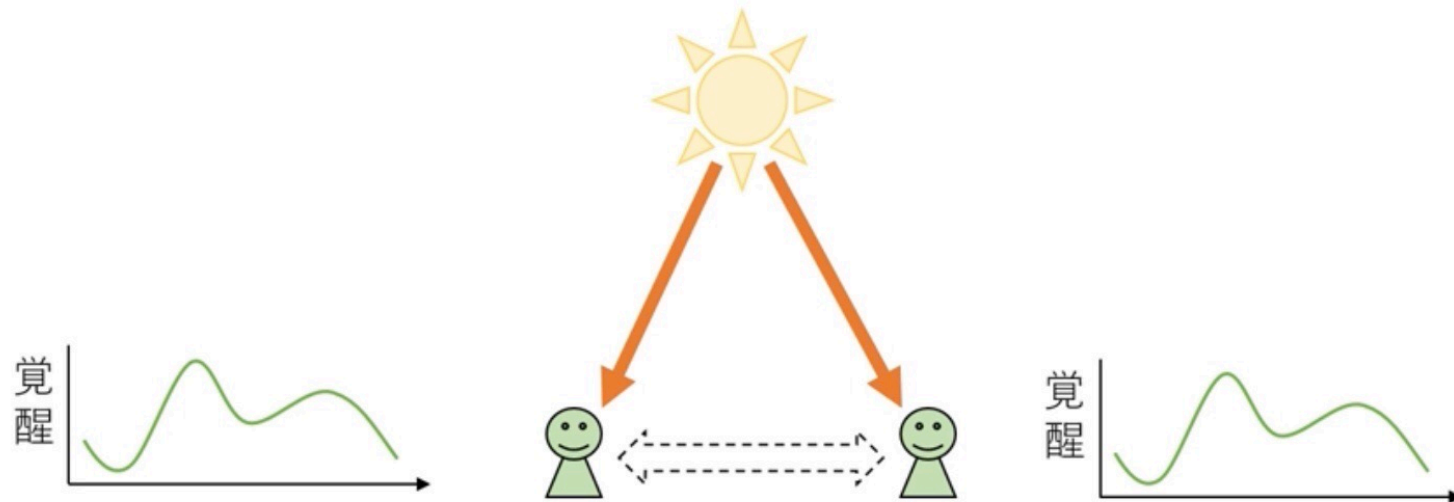
例) メトロノーム、振り子、光子



自然界の同期

- 生物の概日リズム (Circadian rhythm)

太陽の光が**共通入力**になり、**直接結合のない**
人々の睡眠／覚醒の**リズムが揃う**



生物リズムの同期

- 一斉開花

例) サクラ

共通入力 → 気温



- 生物の個体群のサイズ・密度

距離が近い（しかし移動できない）二つの島で、カナダオオヤマネコの生息数の変動が同期した

共通入力 → 日照、雨量、気温等

同期を引き起こす共通入力

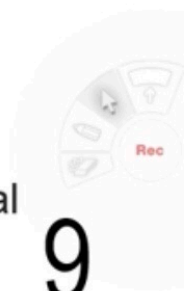
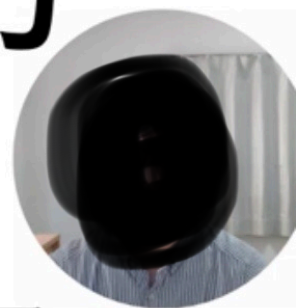
理論研究から…

共通入力は、**周期外力に限らずパルス、カオス、ノイズでもよい**

ノイズは摂動で十分に小さい場合に限る

(Teramae, & Tanaka, 2004).

Teramae, J. N., & Tanaka, D. (2004). Robustness of the noise-induced phase synchronization in a general class of limit cycle oscillators. *Physical Review Letters*, 93(20), 204103.



共通入力による同期のメカニズム

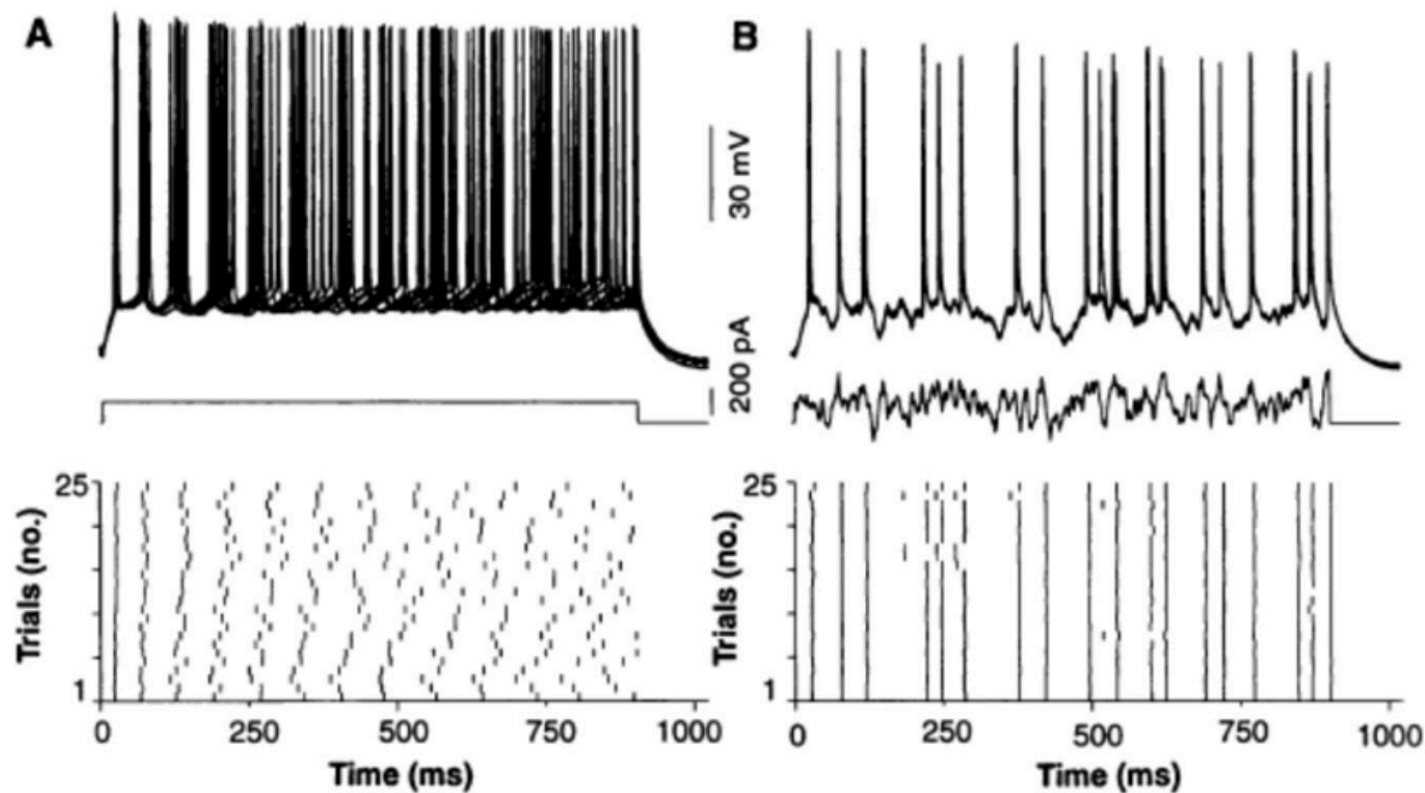
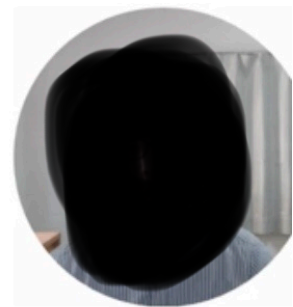
- 変動のある外力による信頼性

単一の神経細胞に、複数試行にわたって
変動を伴う電流入力[同一のもの]を与え
ると発火タイミングの**再現性**が高まる

(Mainen, & Sejnowski, 1995)

一定電流を与えると各種ゆらぎのため発火
はバラバラに

複数試行間で発火時刻が再現される

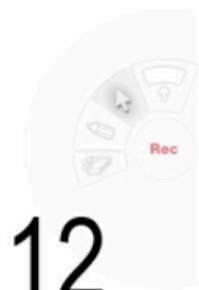
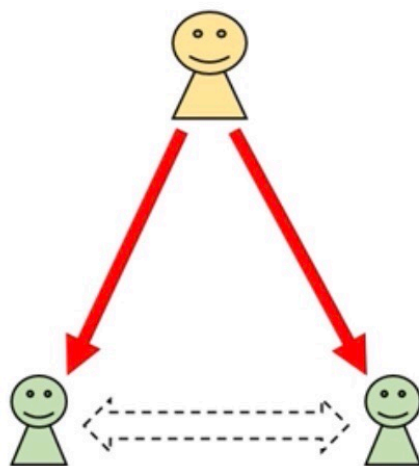
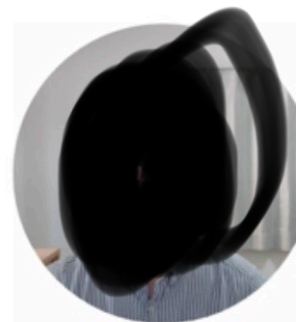


Mainen, Z. F., & Sejnowski, T. J. (1995). Reliability of spike timing in neocortical neurons. *Science*, 268(5216), 1503-1506.

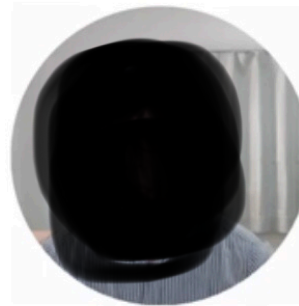
劇場における共通入力と同期

- 試行間の信頼性

→ 演者から観客への共通入力



落語を共通入力とした同期

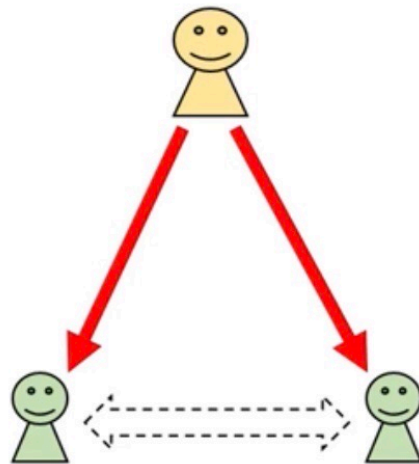


・自発性瞬目(まばたき)の同期

熟達者の口演では、初級者の口演に比べ視聴する
実験参加者の瞬目が揃いやすくなる

より正確には、瞬目の粗密が観客間で同期する

観客のまばたきは、無自覚な
“情報の分節化”に関連する
→まばたきの減少は噺の見所
(表情の見せ場)と対応



当然ながら、熟達者の口演は、
より「おもしろい」と評価さ
れた



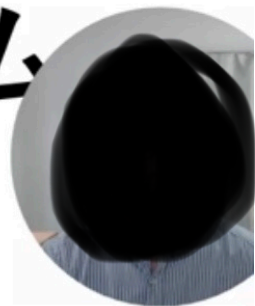
共通入力による同期のメカニズム

・変動のある外力による信頼性

観客に複数試行にわたって**変動を伴う口演入力[同一のもの]**を与えると瞬目タイミングの**再現性**が高まる

→観客の個体差に比べて、**共通入力の影響力が強い**とき、観客の反応(瞬目や感情体験)は同期すると予想できる

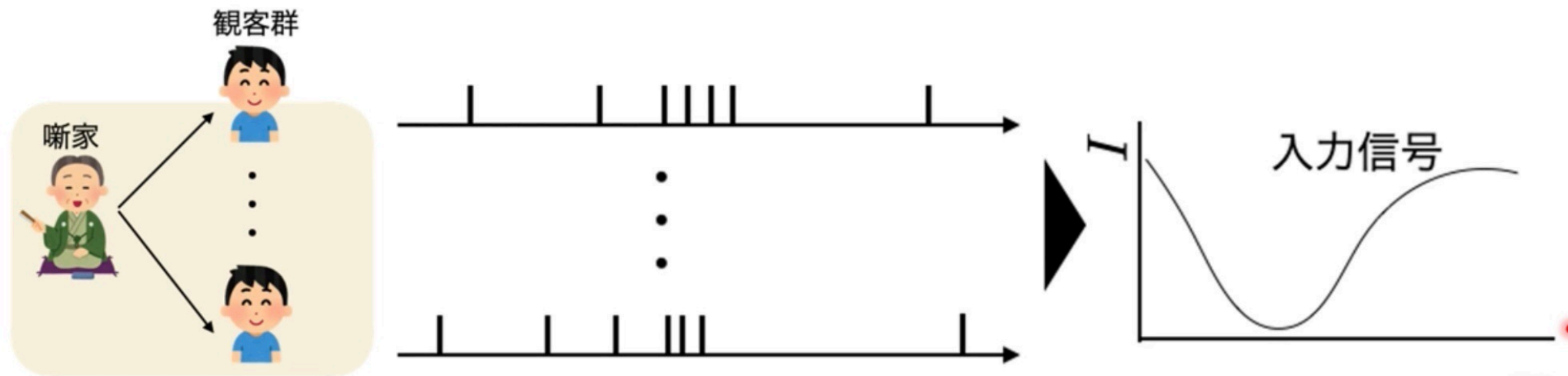
一定刺激(静止画面など)の提示では各種ゆらぎのため瞬目の増減は個人でバラバラ



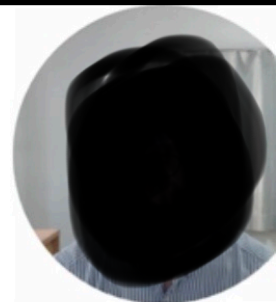
共通入力を再現したい！



- 瞬目情報を使い演者からの入力(表現)の振幅を再構成する

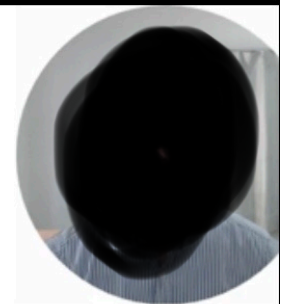


共通入力のリ構成の流れ



- 動的特性がよく知られている数理モデルを用いて提案手法の性能を評価する
- 瞬目データに適用して，共通外力時系列を再構成する

Izhikevichニューロンモデル



$$\begin{cases} \dot{v} &= 0.04v^2 + 5v + 140 - u + I \\ \dot{u} &= a(bv - u) \end{cases}$$

外部入力

$$\text{if } v \geq 30, \text{ then } \begin{cases} v \leftarrow c \\ u \leftarrow u + d \end{cases}$$

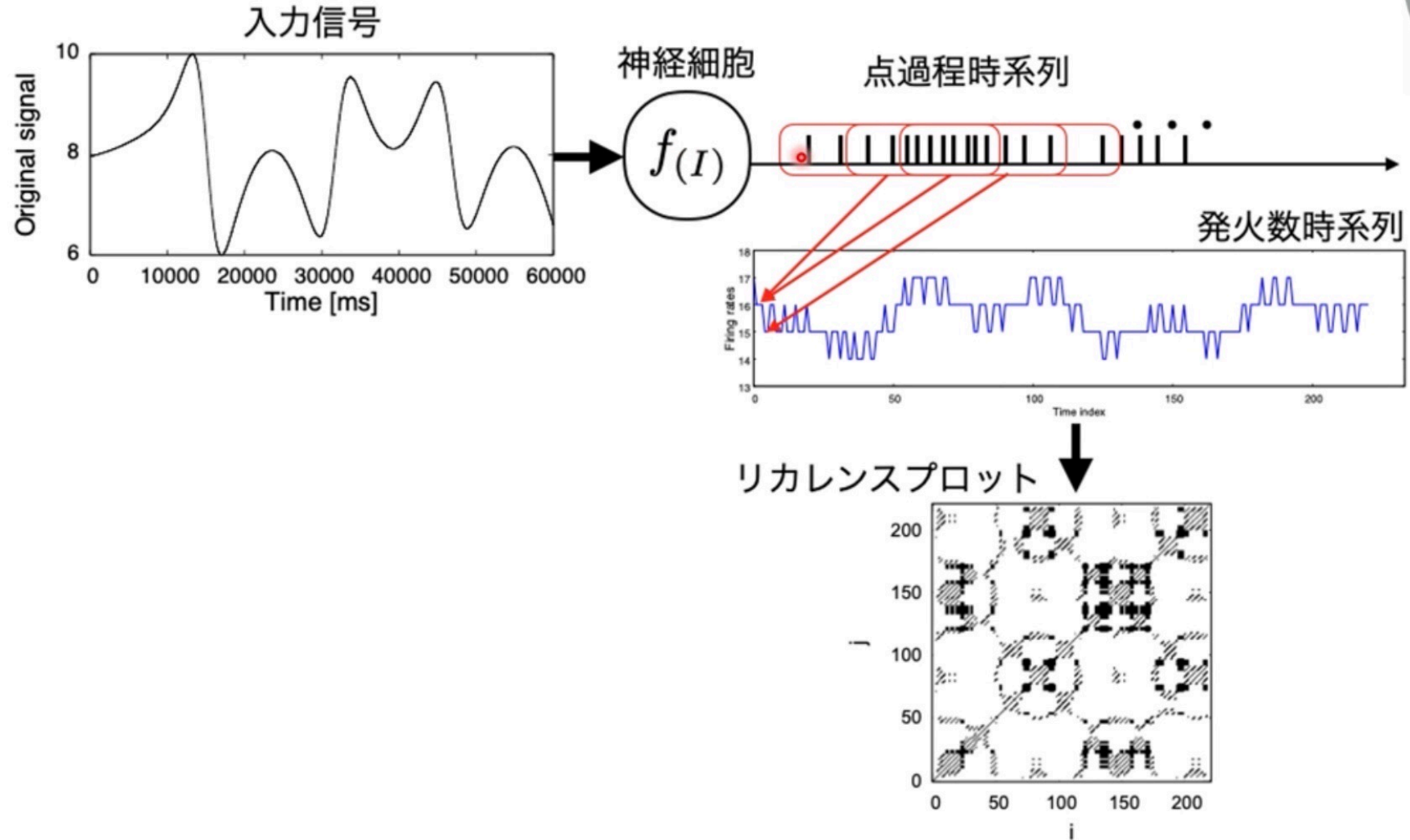
v : 膜電位 u : 回復変数

a : 減衰率 b : v の感度

c : v のリセット値 d : u の回復値

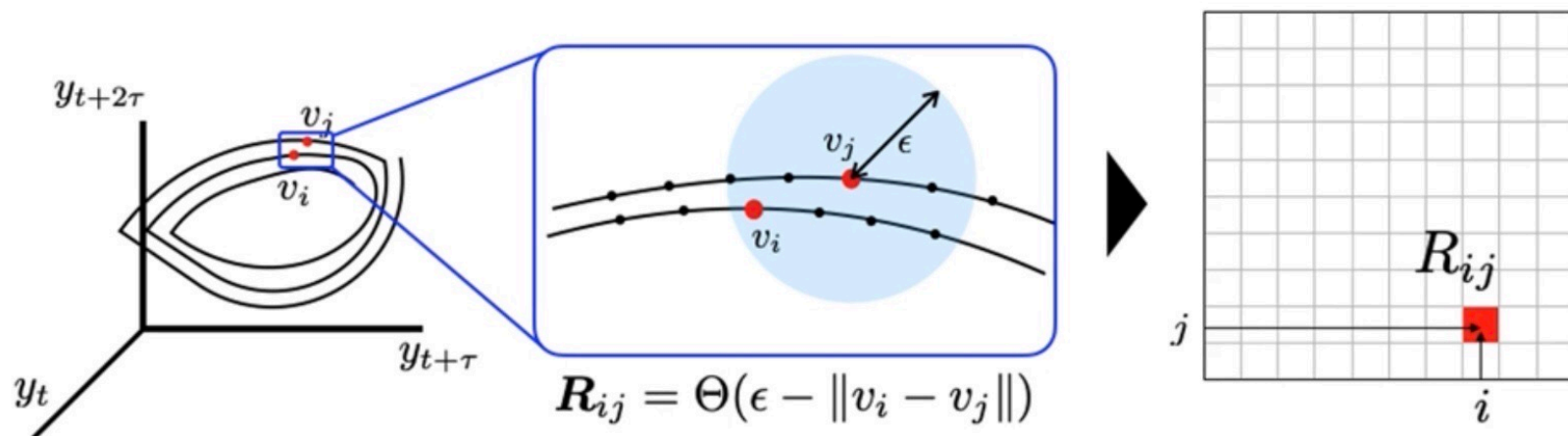
パラメータを変えるだけで、発火パターンやベースラインの発火率を容易に変えられる

再構成手法



リカレンスプロット

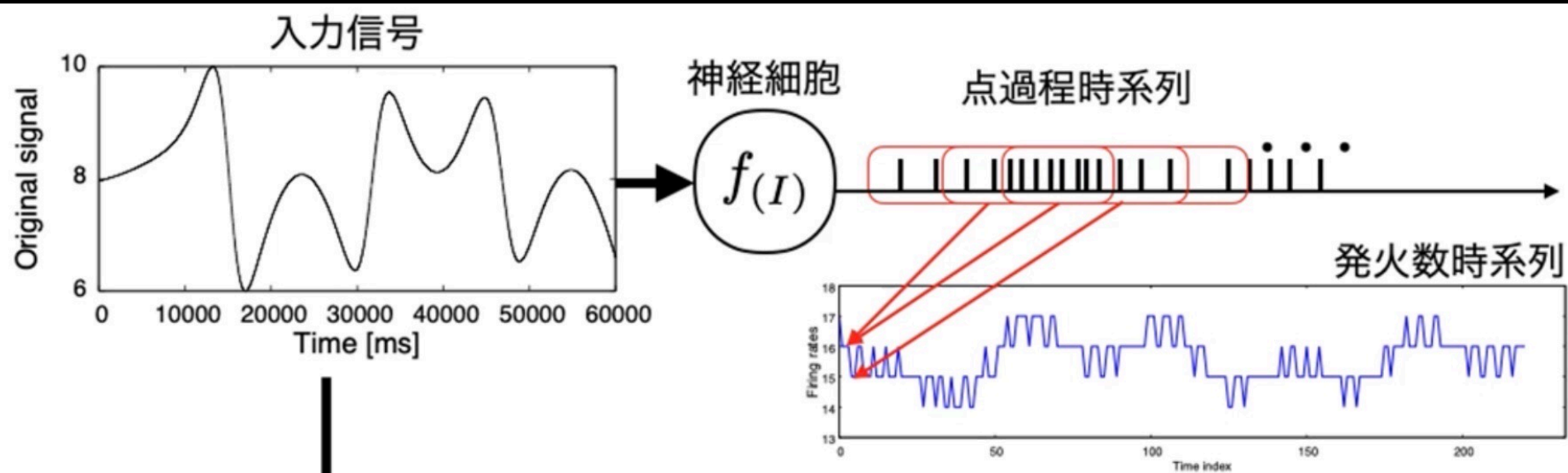
力学系の特徴を2次元で可視化する手法



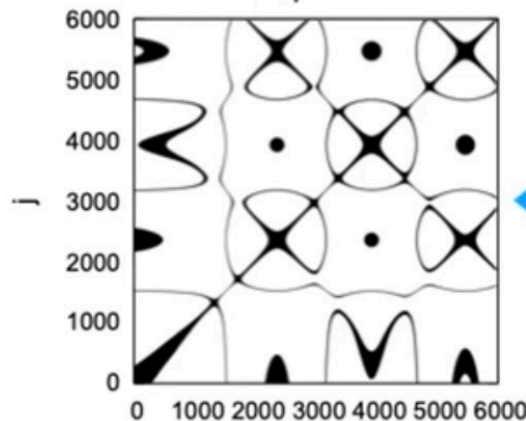
→遅れ時間座標系における2つの状態が近傍のとき対応する座標 (i, j) に点を打つ

本研究では、全組み合わせの10%に点が打たれるように閾値を設定した

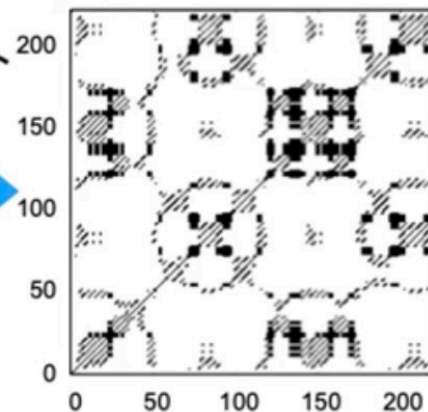
J. P. Eckmann, S. O. Kamphorst, & D. Ruelle. Recurrence plots of dynamical systems. EPL (Europhysics Letters), 4(9), 973, 1987.



リカレンスプロット



リカレンスプロット



入出力のリカレンスプロット
は類似する

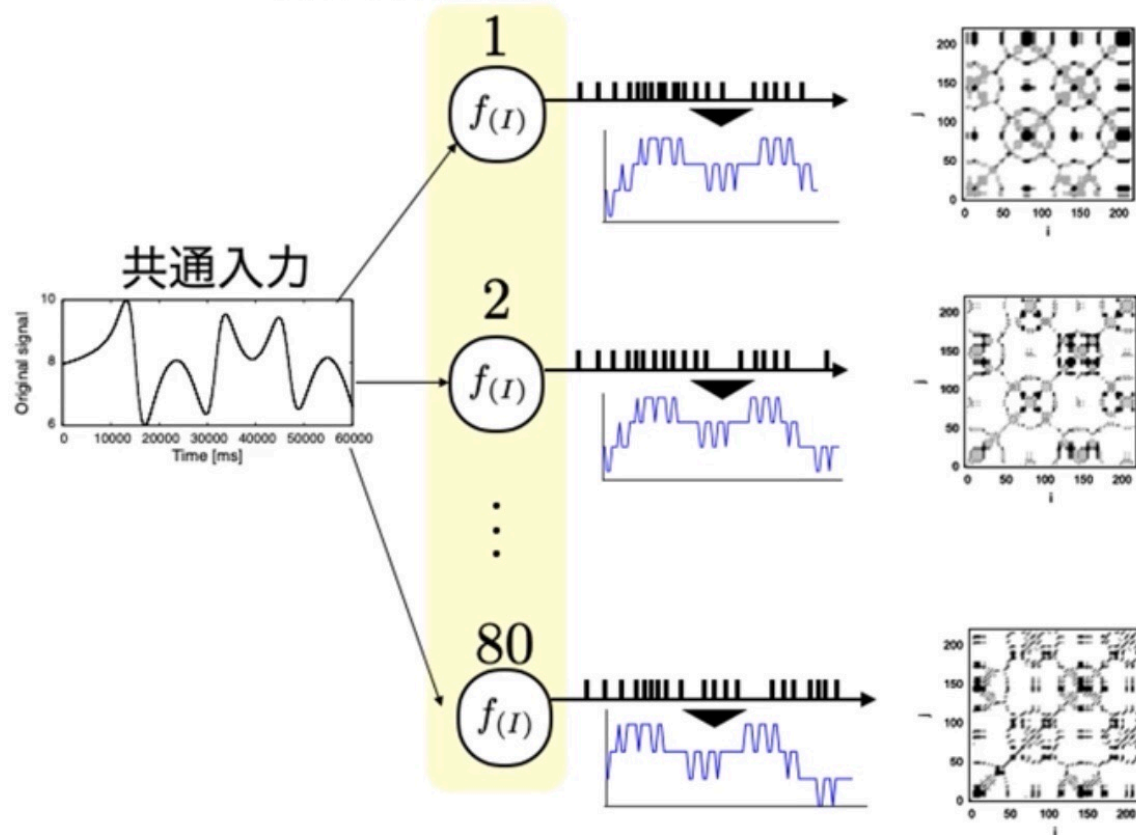
しかし、情報は
欠損している

M. C. Casdagli, "Recurrence plots revisited," Physica D: Nonlinear Phenomena, 108(1-2), 12-44.

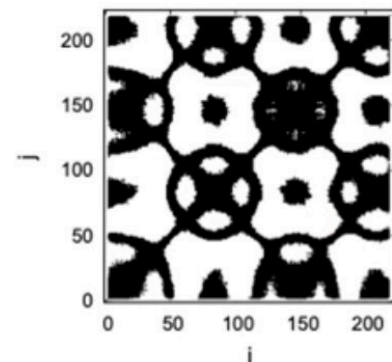
藤原寛太郎, 黒河徳大, 山田泰司, 池口徹. "リカレンスプロットを用いたニューロンへの入力信号の検出," 日本神経回路学会誌, 21(2), 79-86, 2014

提案手法

パラメータが
異なる神経細胞



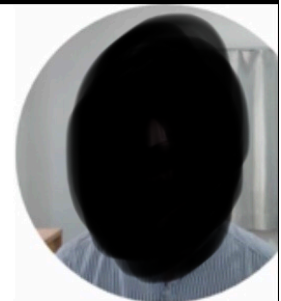
重畳リカレンス
プロット



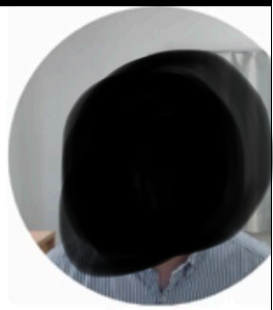
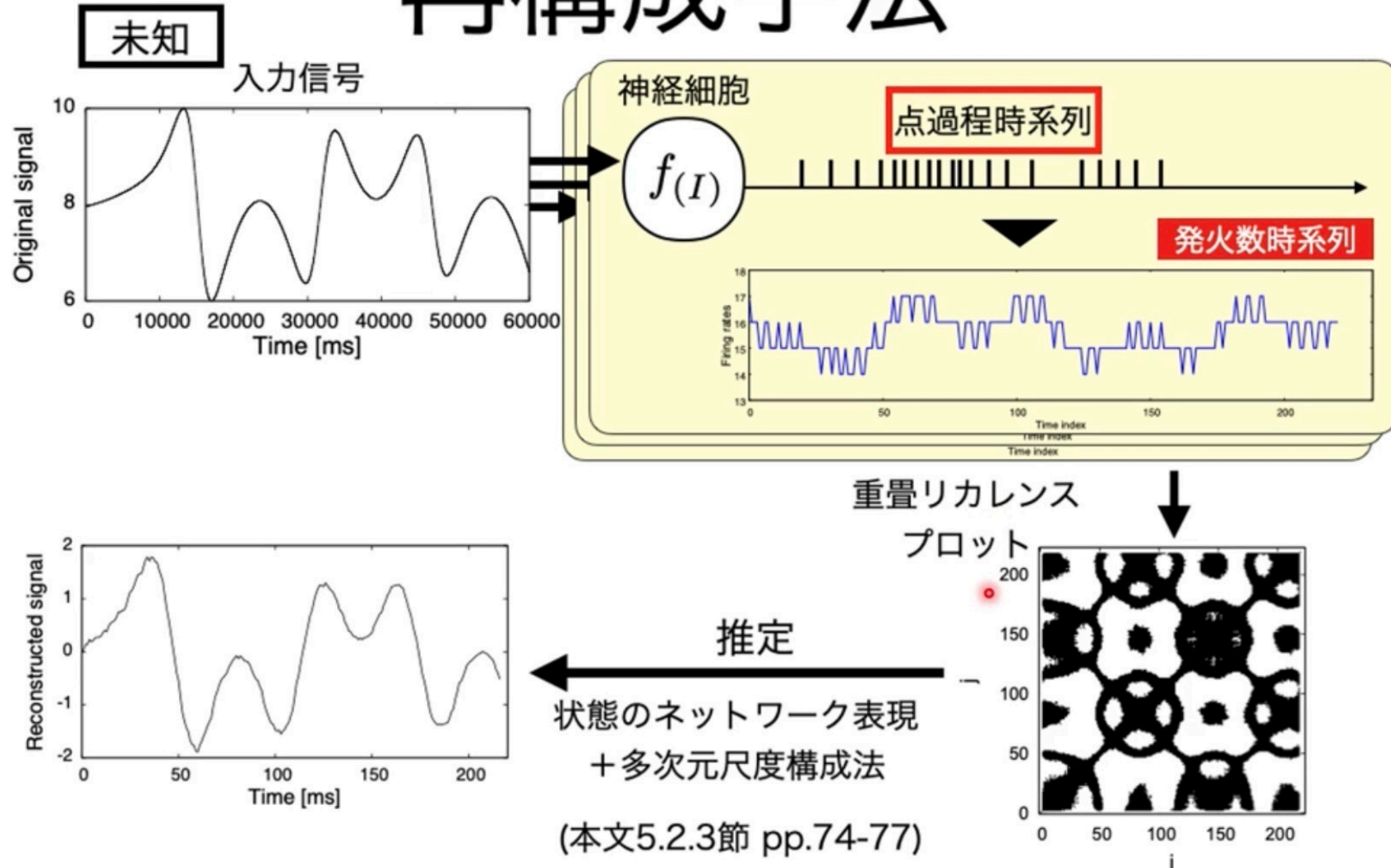
和集合

$$SR_{ij}(\epsilon_1, \dots, \epsilon_K) = \sum_{k=1}^K R_{ij,k}(\epsilon_k), \quad i, j = 1, \dots, T$$

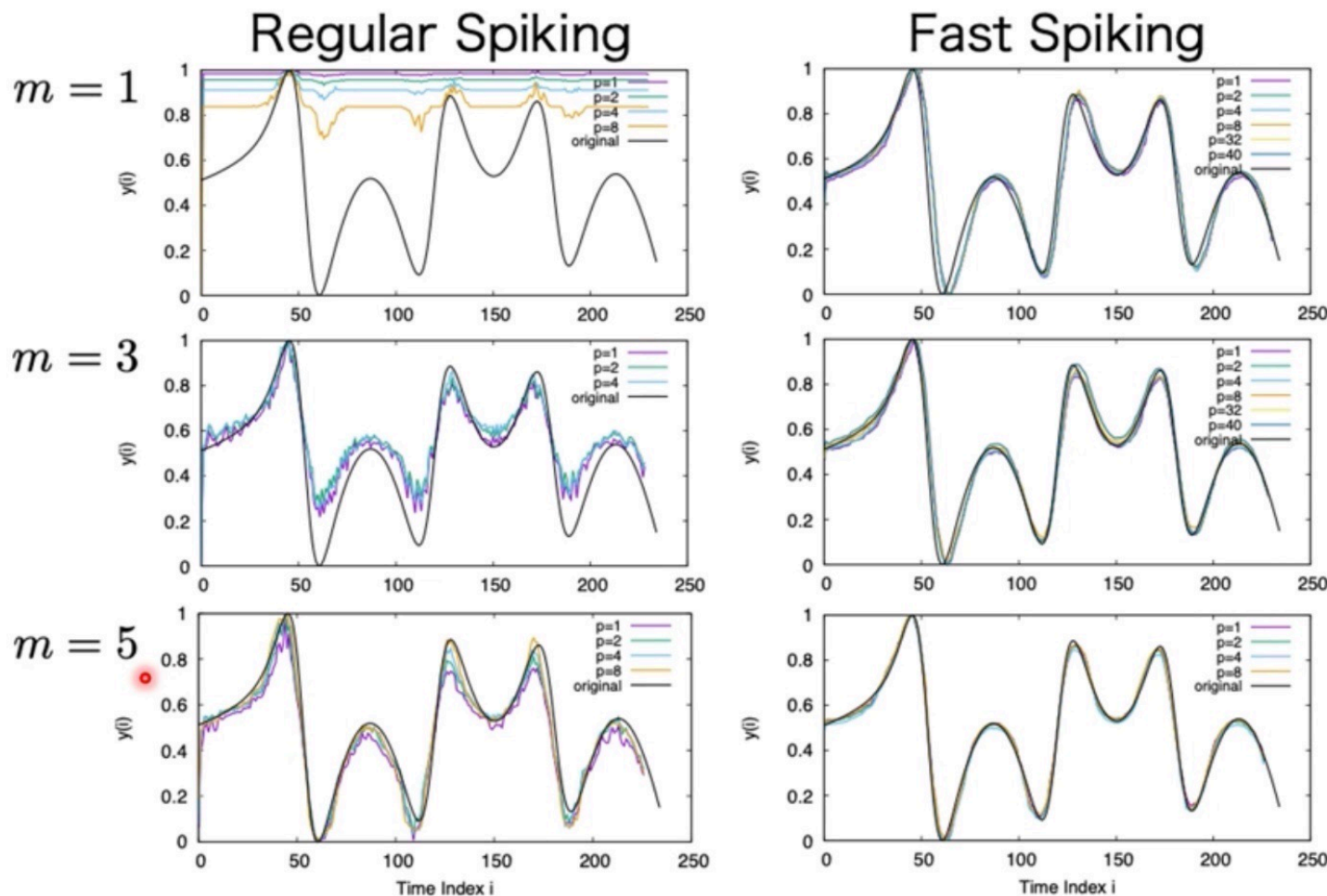
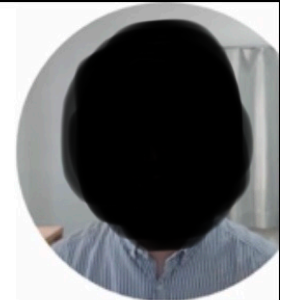
ϵ_k : k 番目のリカレンスプロット $R_{ij,k}$ の閾値



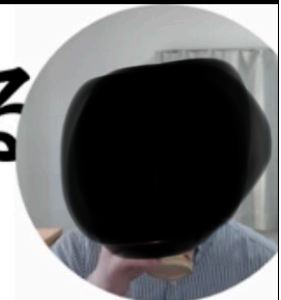
再構成手法



【結果】 埋め込み次元と再構成の誤差



瞬目から共通外力時系列を再構成する



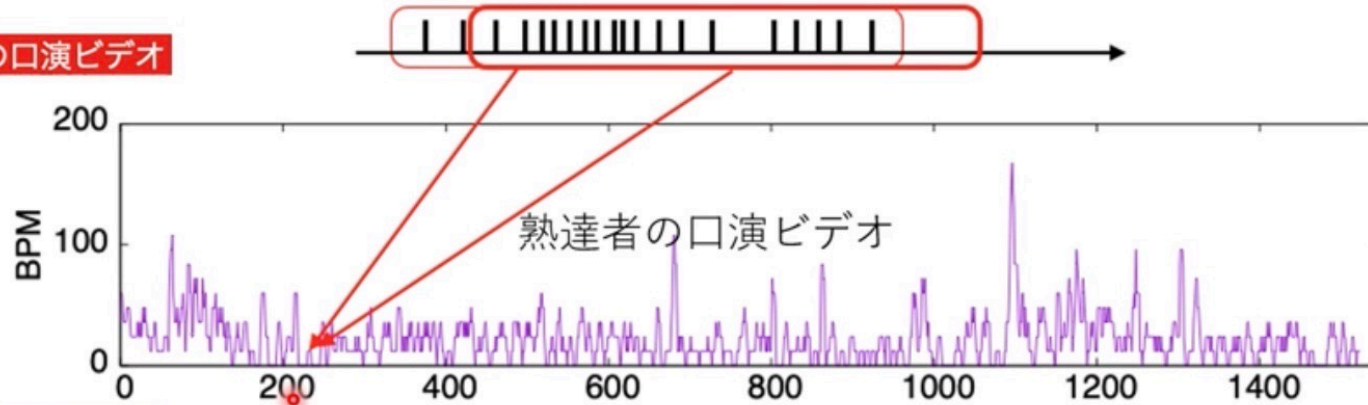
瞬目数時系列の例

時間窓幅 5秒

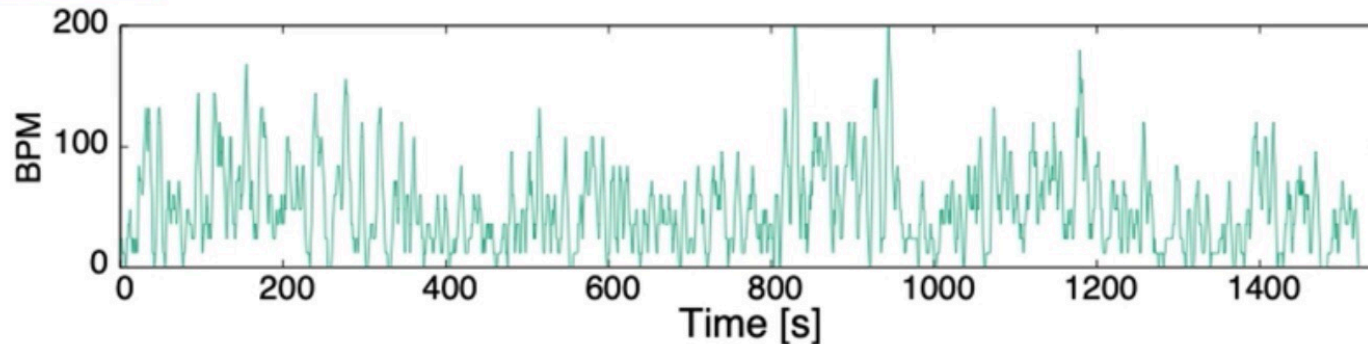
時間窓の移動 1秒



熟達者の口演ビデオ

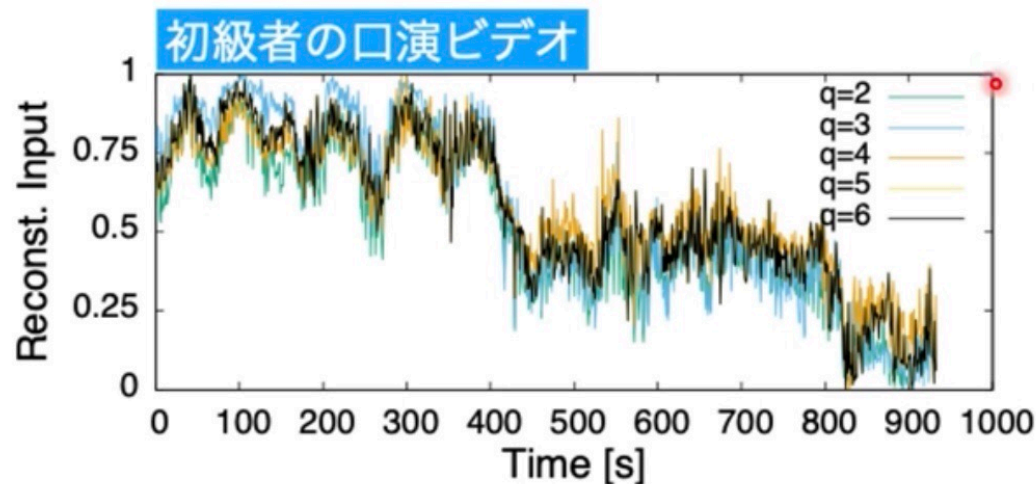
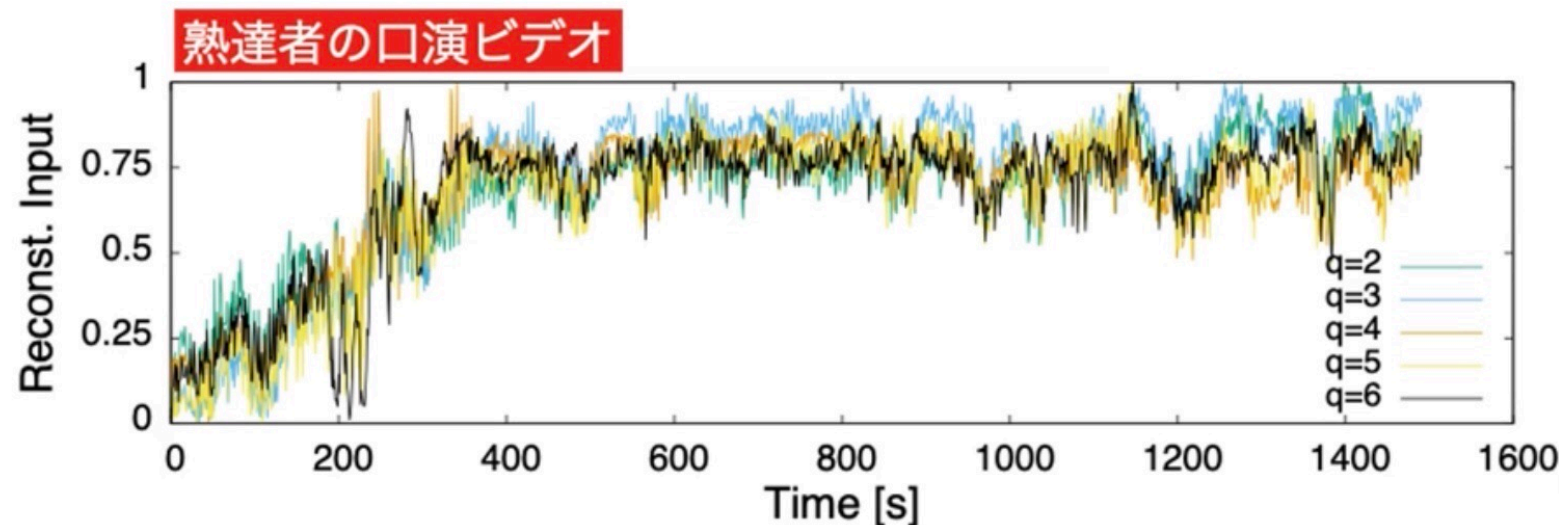


初級者の口演ビデオ

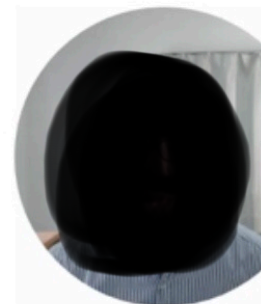


BPM: Blinks per minutes (1分あたりの瞬目数)

再構成された共通入力



演目が進行すると
共通入力の振幅が
下がった



まとめ

- 共通入力は，観客間に相互作用がなくても同期を可能にする
- 共通入力への応答の信頼性が同期の決め手
- 観客の個人差を相殺し共通入力の振幅を再構成する手法が開発された

