

知的作業中の生理指標計測による 作業成績推定手法

目次

1. 背景・目的
2. 提案手法
3. 実験
4. 結果・考察
5. 今後の課題

京都大学大学院
エネルギー科学研究科
エネルギー社会環境科学専攻
エネルギー情報学分野 下田研究室
國政 秀太郎

省エネルギー



知的生産性の向上

両立には**知的生産性評価**が肝要

■要件

- 実オフィス環境下の評価が可能
- 多様な知的作業中での評価が可能

■生理指標の非接触による評価手法

- 様々な環境下で計測が可能
- 認知負荷を反映
- × **知的生産性の直接的な評価手法は少ない**

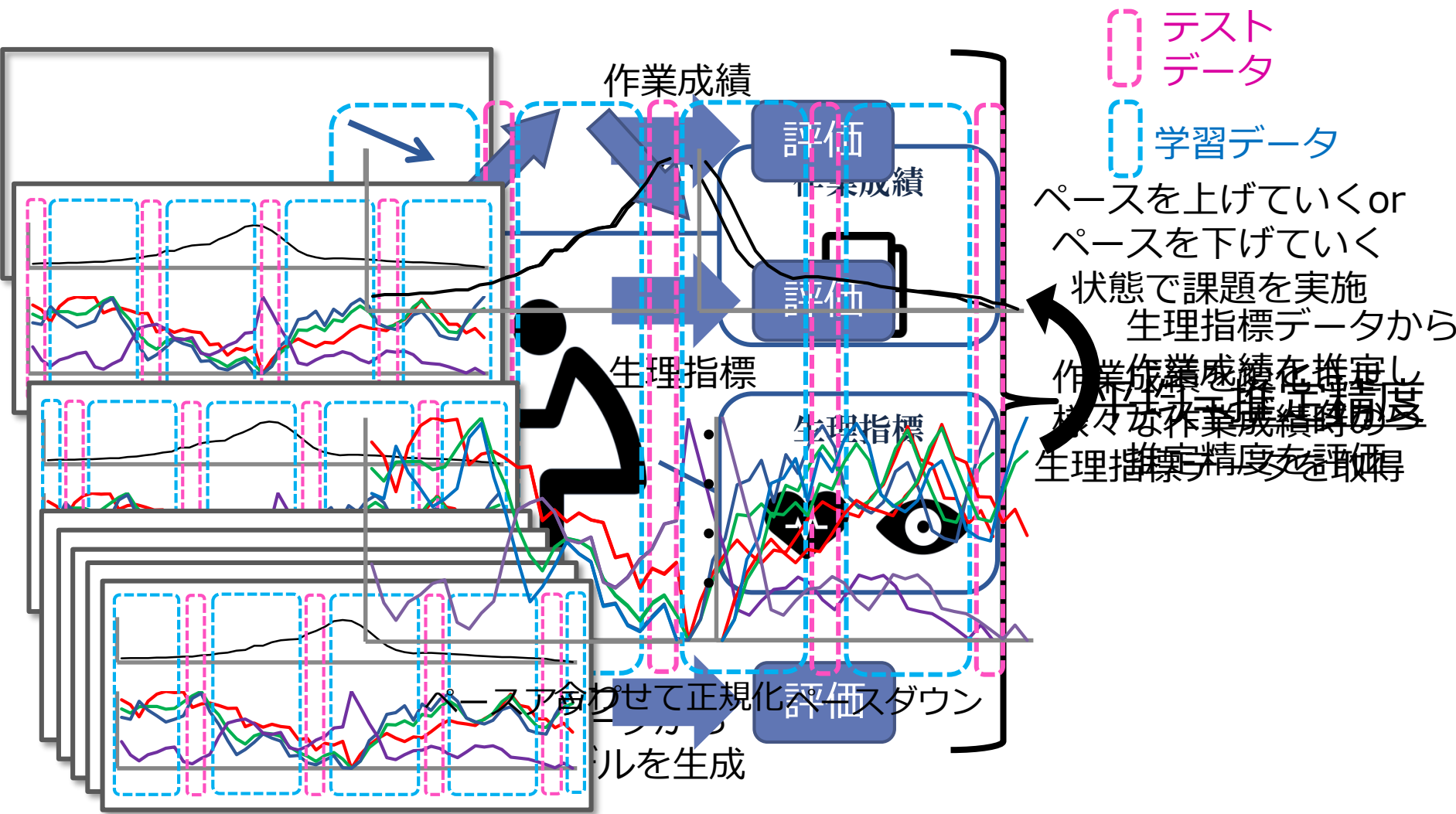
目的

- 生理指標計測による作業成績推定手法
 - 認知タスクの作業成績を生理指標から推定
 - 推定には機械学習手法を適用
 - 瞳孔径/心拍の生理指標計測
 - 非接触式の高精度な計測手法が今後期待される



BEMSなどの制御システムに“知的生産性”を
評価指標として導入可能に

提案手法：概要と評価方法



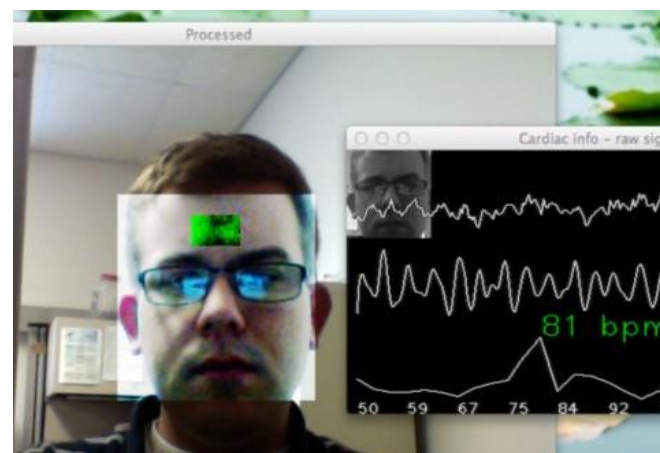
提案手法：生理指標

- 瞳孔径



赤外線カメラ計測

- 心拍変動



カメラ計測可能

※本研究では電極計測

- 特徴量抽出

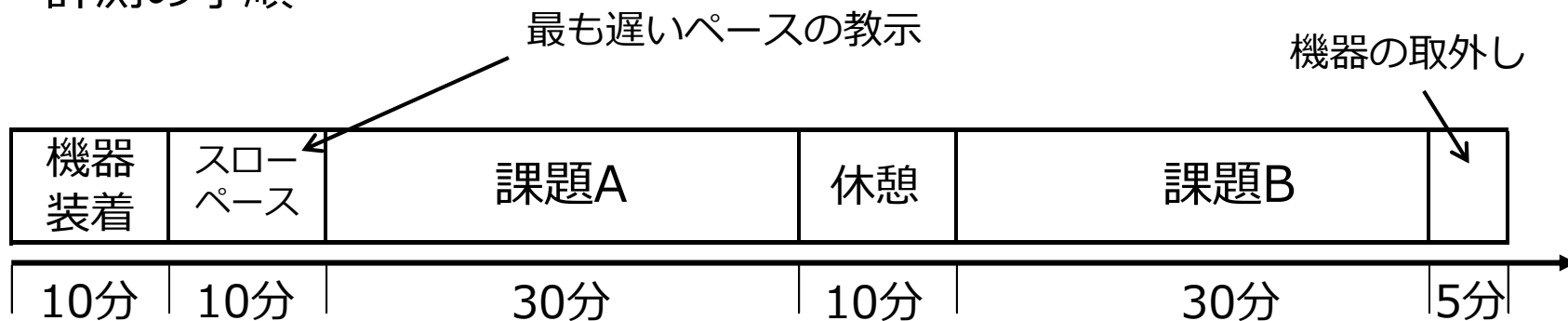
- 5分の時間窓（フレーム）を1分ずつずらしながらフレーム毎に抽出

認知タスク：伝票分類タスク

		終	取り消し	
1~10日		~5000円	~50000円	50001円~
百貨店・小売	0	0	0	
飲食・喫茶	0	0	0	
運送・郵便	0	0	0	
11~20日		~5000円	~50000円	50001円~
百貨店・小売	0	0	0	
飲食・喫茶	0	0	0	
運送・郵便	0	0	0	
21~31日		~5000円	~50000円	50001円~
百貨店・小売	0	0	0	
飲食・喫茶	0	0	0	
運送・郵便	0	0	0	

評価実験

計測の手順

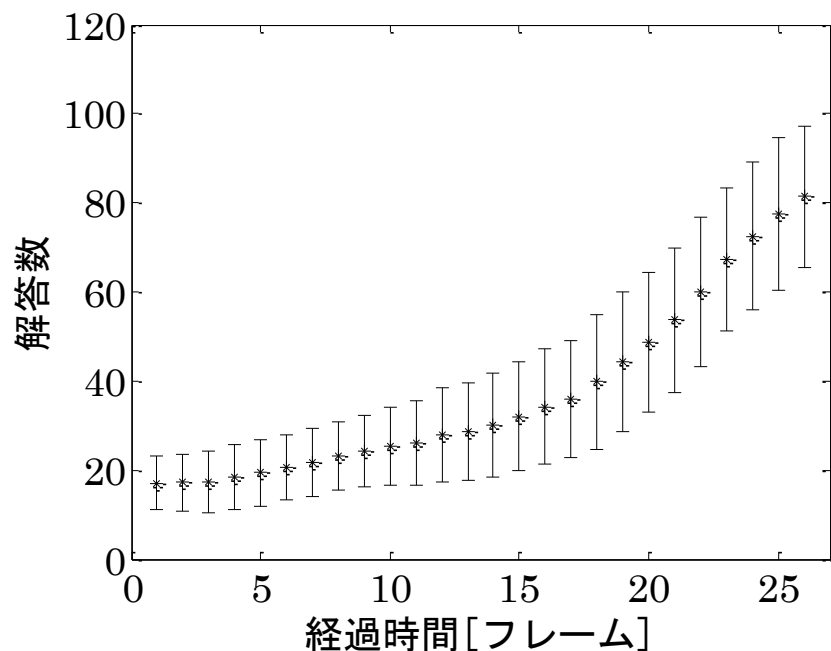


- 1日目…練習 2日目…計測
- 男子大学生27名
- “スローペース”では音の指示で最も遅いペースを教示
- 課題A・Bはペースアップもしくはペースダウンを1つずつ割り付け

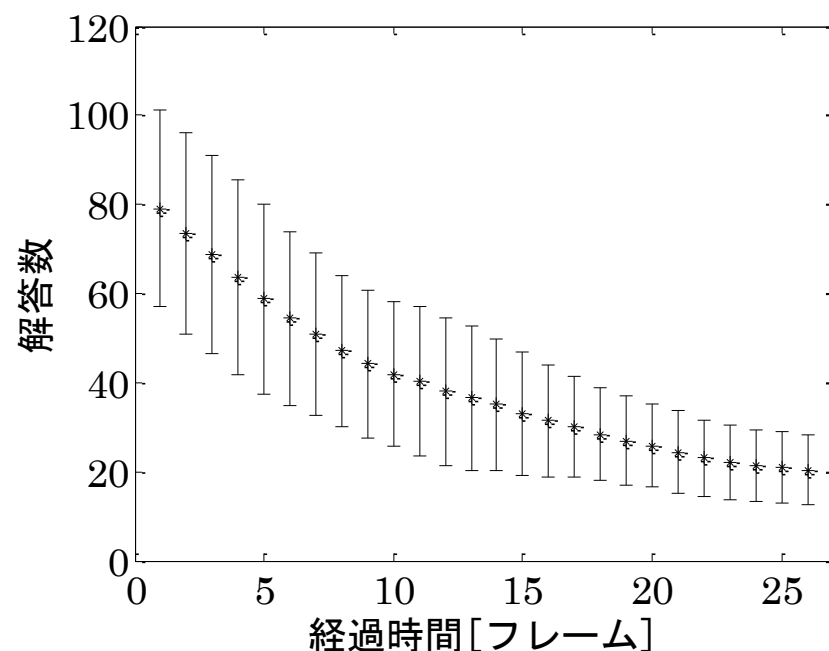


結果：作業成績

ペースアップ



ペースダウン



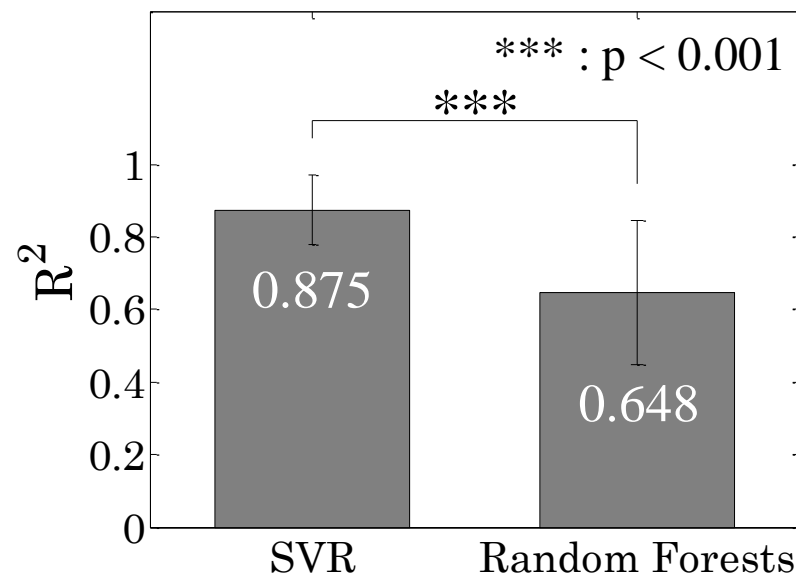
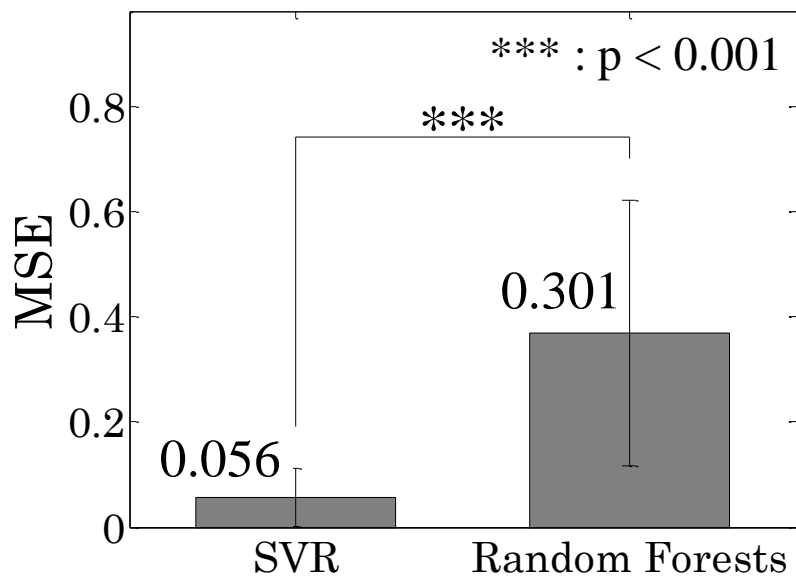
- 経過時間による効果

ペースアップ… $F(25,676) = 72.95, MSe = 2.18 \times 10^{-1}, p < 0.001$

ペースダウン… $F(25,676) = 34.00, MSe = 3.53 \times 10^{-1}, p < 0.001$

➤ ペース調整が適切に行われていたことが確認できた

結果：推定精度



- SVRがRandom Forestsより有意に推定精度が高かった

説明変数の相関性

- 瞳孔径は正相関
 - 瞳孔径と情報処理速度が正相関であることは、pooockらの研究結果[2]と一致
- 心拍変動は負相関
 - 難易度上昇に伴うパワーの減少はMulder[3]らの研究結果と一致

SVRの各変数の平均係数

瞳孔径	LF	LF/HF	HF
2.00	-0.98	-0.71	-0.27

[2] Gary K. Pooock: Information processing vs pupil diameter. *Perceptual and Motor Skills*, 37(3), pp. 1000–1002 (1973).

[3] Gijbertus Mulder, Lambertus J. M. Mulder: Information Processing and Cardiovascular Control. *Psychophysiology*, 18(4), pp. 392–402 (1981).

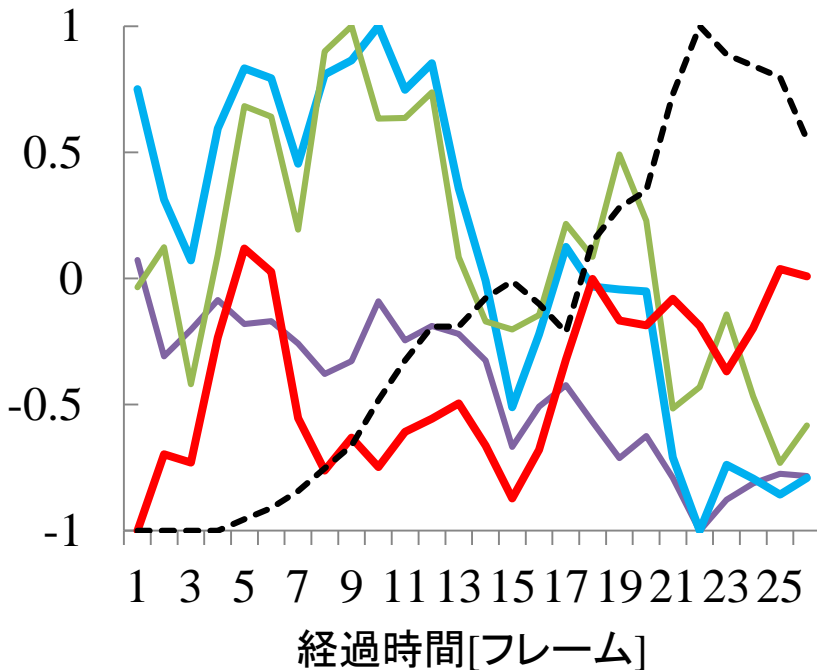
考察：複数の指標を採用する必要性

複数の指標によって、生体反応の個人差に対して精度良く作業成績を推定

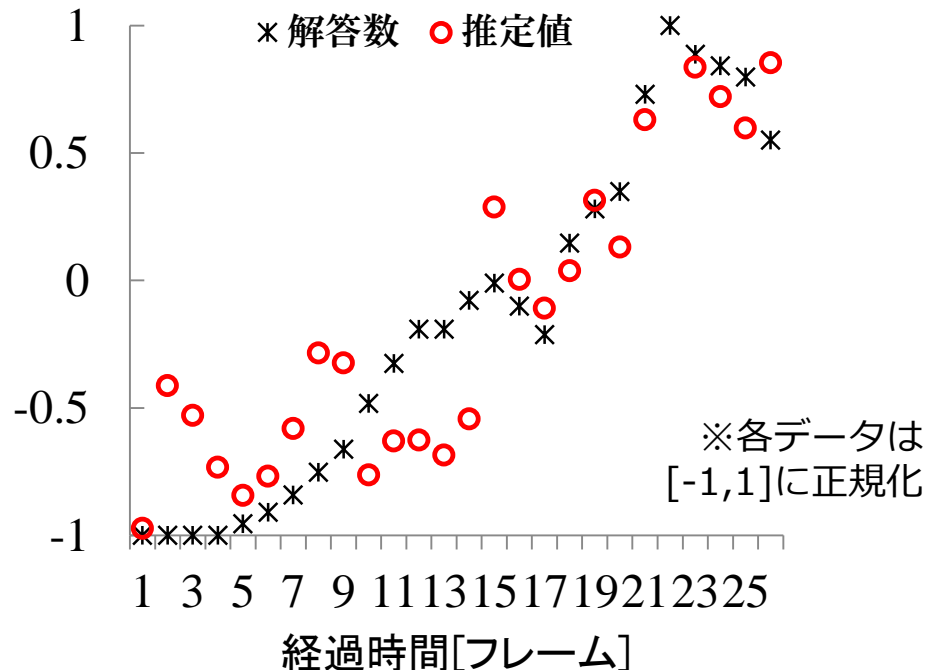
例：心拍変動の寄与が強い被験者

瞳孔径	LF	LF/HF	HF
-0.02	-3.05	-2.06	-3.38

— HF — LF — LF/HF — 瞳孔径 - - - 解答数



$MSE = 0.074, R^2 = 0.878$



考察：経時による推定精度の変化

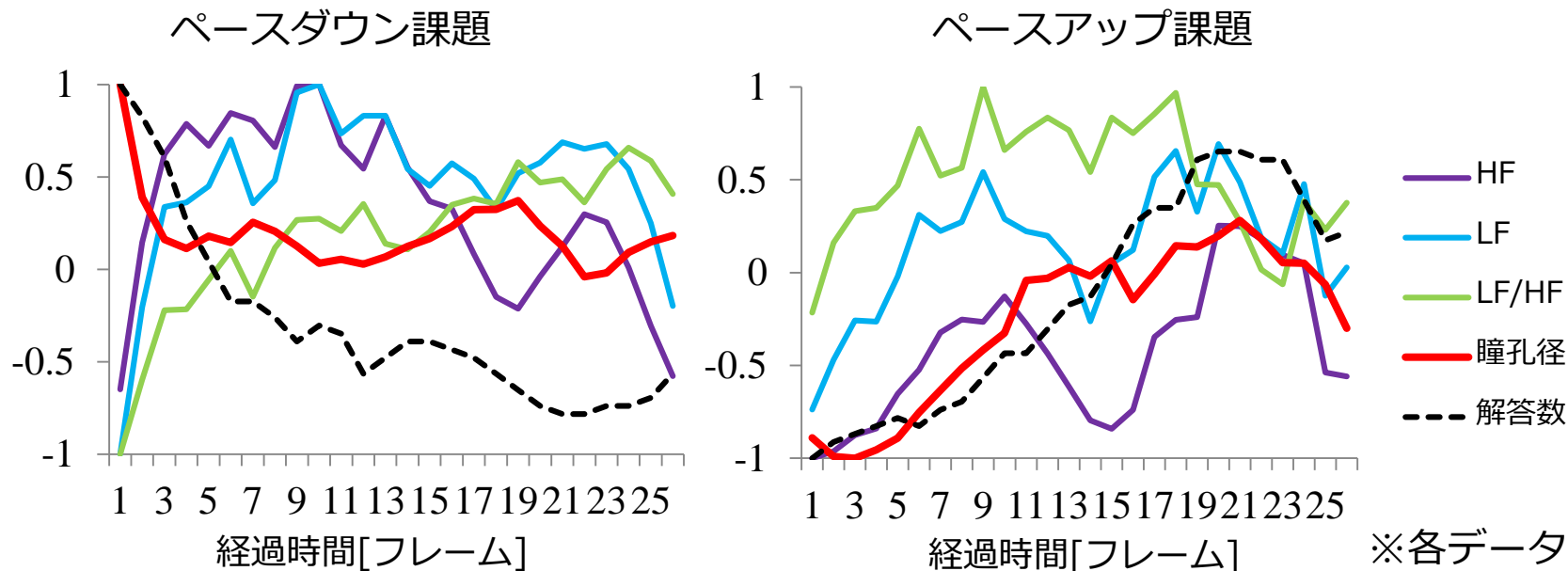
精神疲労・モチベーション低下により課題間で生理反応が変化し、推定精度に影響を及ぼしているのではないか

例：推定精度が低かった被験者

- 本提案手法
- 各課題を示す2値のダミー変数を付与

$$\underline{MSE = 0.167, R^2 = 0.608}$$

$$\underline{MSE = 0.053, R^2 = 0.917}$$



※各データは
[-1,1]に正規化

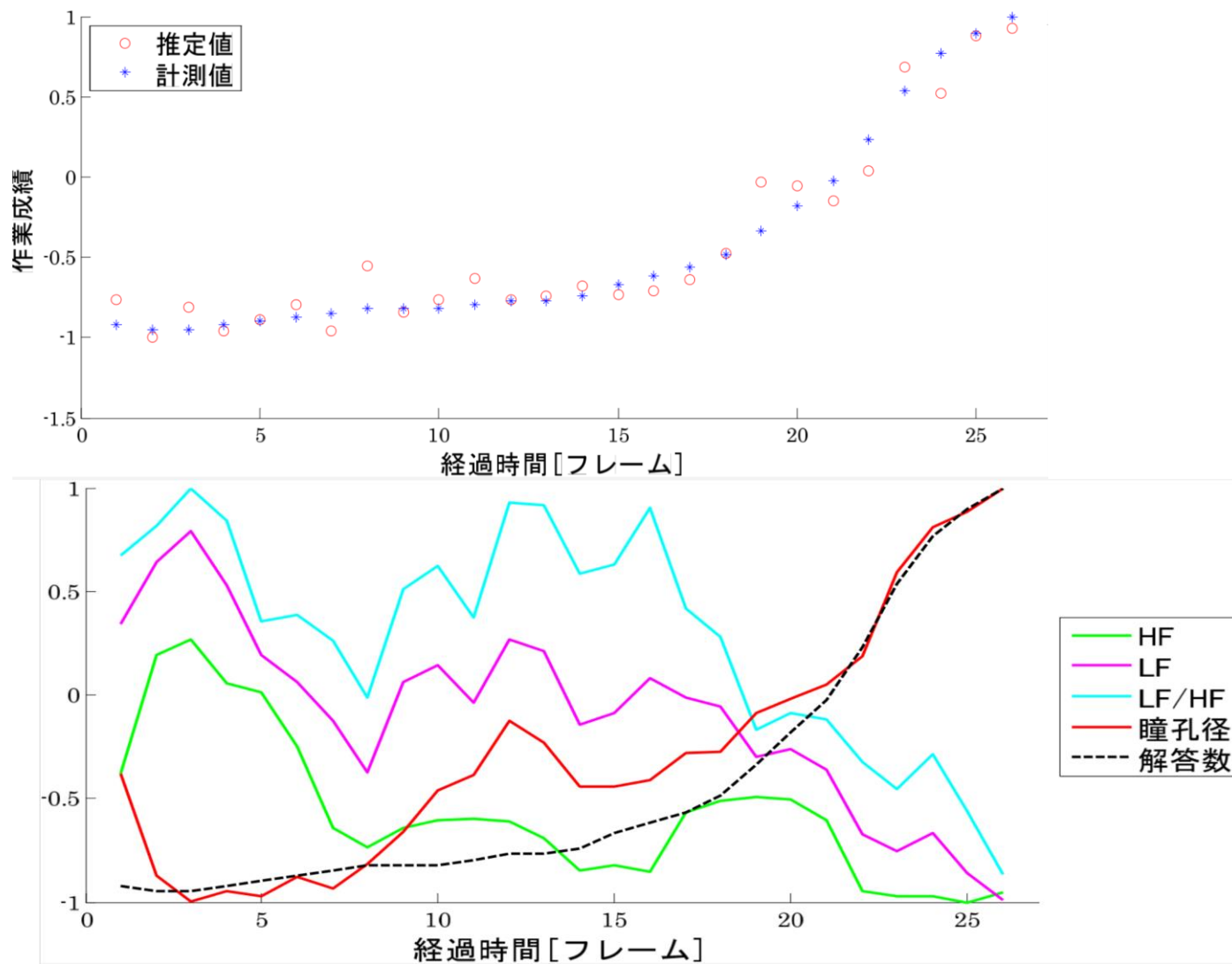
結論

- SVRによる高い推定精度
- 複数の生理指標計測
 - 瞳孔径の寄与が高い傾向
 - 一方、瞳孔径の寄与が認められない被験者でも、心拍変動により精度良く推定可能
 - 生理反応の個人差に対応
- 客観的かつ定量的な知的生産性評価を目指すために
 - 長時間計測による影響の検討
 - 性質の異なる・より高度なタスクでの検証
 - その他の知的生産性指標と比較

ご清聴ありがとうございました

Appendix

Champion data



SVRのパラメータ

- カーネル：ガウシアンカーネル
- パラメータ探索範囲… $10^3 = 1000$ パターン
 - $-3 \leq \log_2 C \leq 6$ (マージンから逸脱した場合のペナルティの大きさ)
 - $-6 \leq \log_2 \sigma \leq 3$ (ガウシアンカーネルの形状)
 - $-10 \leq \log_2 \varepsilon \leq -1$ (許容範囲の広さ)
- 探索範囲の影響
 - 探索範囲を2倍、探索幅を1/2 ($40^3 = 64000$ パターン) にして推定精度の低かった3名の被験者で再度推定精度を評価

	拡大前	拡大後
MSE	0.188	0.186
R ²	0.652	0.660