

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)  
日本ーフィンランド共同研究  
終了報告書 概要

1. 研究課題名：「感情・気分情報の次世代ライフログ：多種センサネットワークと機械学習」
2. 研究期間：2015年4月～2018年3月
3. 主な参加研究者名：  
日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	川鍋 一晃	室長	国際電気通信基礎技術研究所	研究統括、システム統合
主たる共同研究者	平山 淳一郎	研究員	理化学研究所革新知能統合研究センター	感情推測手法の適用
研究参加者	小川 剛史	研究員	国際電気通信基礎技術研究所	感情ラベル付データの収集
研究参加者	宮西 大樹	研究員	国際電気通信基礎技術研究所	ライフログシステム構築
研究参加者	守谷 大樹	研究員	国際電気通信基礎技術研究所	感情ラベル付データの収集
研究参加者	兼村 厚範	研究員	産業総合技術研究所	感情推測手法の適用
研究期間中の全参加研究者数			6名	

## フィンランド側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Aapo Hyvärinen	Professor	University of Helsinki	研究統括、機械学習法開発
研究参加者	Jukka-Pekka Kauppi	Post-doc	University of Jyväskylä	感情推測手法の開発
研究参加者	Hande Celikkanat	Post-doc	University of Helsinki	感情推測手法の開発
研究参加者	Hiroshi Morioka	Post-doc	JSPS Research Fellowship for Young Scientist (PD)	脳信号時系列解析法の開発
研究期間中の全参加研究者数			4名	

## 4. 共同研究の概要

認知症がもたらす社会的課題に対応するために、ICTを活用した介護負担の軽減策と同時に、壮年・中高年期からの認知症予防につながる技術開発が重要である。この共同研究では、近年の脳科学の成果から、認知症予防効果が期待されているマインドフルネス・トレーニングに着目した。脳波や生体情報から、そのときと同様の脳・心理状態であるかを認識するために必要な解析技術を開発し、それを可視化、記録するためのシステムを構築した。このような感情・気分情報のライフログ (affective life-log) は、日常生活での心理状態の長期的変化の観察と認知症につながりうる異常への注意喚起に役立つ。

## 5. 共同研究の成果

### 5-1 共同研究の学術成果

マインドフルネス脳状態を解読するために必要な新たな教師なし学習法を複数開発した。これを脳波や機能的磁気共鳴画像法（fMRI）などのデータに適用したところ、脳活動の空間パターンや脳内ネットワーク構造は個人間で共通しており、一方、周波数特性や時間変動パターンには顕著な個人差が見られるという、神経科学的に興味深い発見があった。さらに、日常生活中心電や加速度の連続計測データから行動を推測する基盤技術を開発し、気分情報とそのときの状況に関するアンケート機能付きのライフログアプリを試作した。

### 5-2 国際連携による相乗効果

数理研究者の Celikkanat 氏が ATR に半年間滞在し、日本側チームの実験研究者と緊密に連携しながら、フィンランド側の脳情報解析法を ATR で取得したデータに適用し、神経科学的に興味深い結果を得た。Hyvärinen 教授から別の国内プロジェクトで取得した脳磁図（MEG）データの実験プロトコル情報の提供を受け、日本側チームで中高年被験者からマインドフルネス状態の脳波データを短期間で取得することができた。Hyvärinen 教授が計 120 日間 ATR に滞在し、日常的な研究議論やアドバイスを通して、日本側チームメンバーを含む ATR の中堅・若手研究者が顕著な研究業績をあげることができた。

### 5-3 共同研究成果から期待される波及効果

本共同研究で開発した多層モデルによる脳波特徴量抽出法 SPLICE (Hirayama et al., 2017) と、それを脳波-fMRI 同時計測データへの適用した結果 (Ogawa et al., 2017) が、理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) や内閣府 ImPACT プログラムなどの大型プロジェクトからも評価を受けた。これらのプロジェクトの中で研究開発を継承し、脳情報を用いたヘルスケアの実現に向け、さらなる発展と応用が期待されている。また、本共同研究と類似の目標を持つ NICT 委託研究に研究成果を共有することで、脳波を用いた高齢者認知機能トレーニングの開発と実証に役立てると考える。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)  
Japan – Finland Joint Research Program  
Executive Summary of Final Report

1. Project Title : 「Next Generation Affective Life Log: Machine Learning with Multimodal Sensor Networks」
2. Project Period : April, 2015 ~ March, 2018
3. Main Participants :

Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Motoaki Kawabe	Department Head	ATR	Management, sys. integration
Collaborator	Jun-ichiro Hirayama	Researcher	RIKEN Center for Advanced Intelligence Project	Affect estimation
Collaborator	Takeshi Ogawa	Researcher	ATR	Collection of labeled data
Collaborator	Taiki Miyanishi	Researcher	ATR	Lifelog system
Collaborator	Hiroki Moriya	Researcher	ATR	Collection of labeled data
Collaborator	Atsunori Kanemura	Researcher	AIST	Affect estimation
Total number of participating researchers in the project:				6

Finland-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Aapo Hyvärinen	Professor	University of Helsinki	Management, machine learning tech.
Collaborator	Jukka-Pekka Kauppi	Post-doc	University of Jyväskylä	Methods for affect estimation
Collaborator	Hande Celikkanat	Post-doc	University of Helsinki	Methods for affect estimation
Collaborator	Hiroshi Morioka	Post-doc	JSPS Research Fellowship for Young Scientist (PD)	Methods for analyzing brain signals
Total number of participating researchers in the project:				4

#### 4. Summary of the joint research

In order to cope with social issues caused by dementia, it is important to develop prevention technologies of the disease for middle-aged and elderly persons, in addition to ICT for reducing care burden. In this joint research project, we focused on mindfulness training which is expected to be effective in preventing dementia, based on recent results in neuroscience. We constructed analysis techniques for recognizing mental states during mindfulness from EEG and biomedical signals, and systems for visualizing and recording such information. This kind of affective life-log can be helpful for monitoring long-term changes of mental states during daily life and for warning their abnormality.

## 5. Outcomes of the joint project

### 5-1 Academic outputs

In this joint research project, we developed various unsupervised learning methods for decoding mindfulness brain states. By applying these methods to EEG and functional MRI (fMRI) data, we came up with neuroscientifically interesting observations that spatial patterns and network structures of brain activities are common among persons, but that their frequency profiles and temporal variations show significant personal differences. Furthermore, we developed basic technologies to infer daily activities from continuous measurements of electrocardiogram and acceleration, and made a prototype of life-log app with online questionnaire about current affect and situations.

### 5-2 Synergy through the Collaboration

A Finnish theorist Dr. Celikkanat stayed ATR for half a year and collaborated tightly with experimental neuroscientists in the Japanese team. By applying the analysis techniques for brain information developed in the Finnish team to the data acquired at ATR, we got neuroscientifically interesting outcomes. The Japanese team could acquire further EEG data during mindfulness training from middle-aged persons (50s) in a short time, thanks to information from Prof. Hyvärinen about the experimental protocol of MEG data acquired in another Finnish project. In addition, Prof. Hyvärinen stayed at ATR for 120 days in total. Thanks to everyday research discussions and his invaluable advices, young and mid-level researchers at ATR including the Japanese team members could achieve excellent results and publications.

### 5-3 Potential Effects/Impacts on Society

Big projects such as the RIKEN Center for Advanced Intelligence Project (AIP) and the ImPACT program by the Japanese Cabinet Office recognized our achievement SPLICE (Hirayama et al., 2017), the method for extracting EEG features with multi-layer models, and promising results obtained by applying it to simultaneous EEG-fMRI measurement data. They will support research activities inherited from this joint project in expectation of their further technological developments and social applications towards mental healthcare with brain information. In addition, we could help development and empirical validation of cognitive trainings with EEG for elderlies, through sharing our outcomes to an NICT contract research with similar goals to ours.

共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

\*原著論文 (相手側研究チームとの共著論文)

\*すべて査読有り

1. A. Hyvärinen, J. Hirayama, V. Kiviniemi and M. Kawanabe. Orthogonal connectivity factorization: Interpretable decomposition of variability in correlation matrices, *Neural Computation*, 28(3), 445-484, **2016**, (doi:10.1162/NECO\_a\_00810).
2. J. Hirayama, A. Hyvärinen, V. Kiviniemi, M. Kawanabe and O. Yamashita. Characterizing variability of modular brain connectivity with constrained principal component analysis, *PLoS ONE*, 11(12): e0168180, **2016**, (doi:10.1371/journal.pone.0168180).
3. A. Kanemura, J. Hirayama, T. Miyanishi, H. Moriya, T. Ogawa, H. Celikkanat, H. Morioka, A. Hyvärinen, and M. Kawanabe. Machine learning for multimodal sensors: Towards life-logging affective states of humans, *Proc. of the Symp. on Healthy Aging Tech Mashup Service, Data and People (HAT-MASH), JSAI International Symposia on AI (isAI)*, 2 pp., **2016**.
4. H. Celikkanat, H. Moriya, T. Ogawa, J.P. Kauppi, M. Kawanabe, A. Hyvärinen. Decoding emotional valence from electroencephalographic rhythmic activity, *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. (EMBC2017)*, 4143-4146, **2017**, (doi: 10.1109/EMBC.2017.8037768).
5. J. Hirayama, A. Hyvärinen and M. Kawanabe. SPLICE: fully tractable hierarchical extension of ICA with pooling. *Proc. of the 34th International Conference on Machine Learning*, PMLR70:1491-1500, **2017**.

\*原著論文 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文)

\*明記していないものは査読有り

1. 川鍋一晃. ブレイン・マシン・インタフェース, 公益社団法人日本磁気学会 第4回岩崎コンファレンス 「医工学とビッグデータが拓く医療の未来」/抄録集, 25-32, **2016**, (査読無し)
2. Y. Li, A. Kanemura, H. Asoh, T. Miyanishi, M. Kawanabe. Key frame extraction from first-person video with multi-sensor integration, *Proc. of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, 1303-1308, **2017**, (doi:10.1109/ICME.2017.8019352).
3. Y. Li, A. Kanemura, H. Asoh, T. Miyanishi, M. Kawanabe. Extracting key frames from first-person videos in the common space of multiple sensors, *Proc. of the IEEE International Conference on Image processing (ICIP)*, 5 pp., **2017**, (doi:10.1109/ICIP.2017.8297032).
4. Y. Li, A. Kanemura, B. Tan, S. Ding, I. Paik. Key frame extraction from video based on determinant-type of sparse measure and DC programming, *Proc. of the IEEE International Systems-on-Chip (MCSoc)*, 7 pp., **2017**.
5. Y. Li, A. Kanemura, H. Asoh, T. Miyanishi, M. Kawanabe. A sparse coding framework for gaze prediction in egocentric video, *Proc. of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 1313-1317, **2018**.
6. T. Miyanishi, J. Hirayama, T. Maekawa, M. Kawanabe. Generating an Event Timeline about Daily Activities from a Semantic Concept Stream, *Proc. of the AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-18)*, 8 pp., **2018**.
7. 川鍋一晃, 山下宙人, 森本淳. 人を理解するための BMI 技術, *情報処理学会誌 2018年1月号 特集「脳情報科学が拓く AI と ICT」*, 59(1), 54-59, **2017**.

\*その他の著作物 (相手側研究チームとの共著総説、書籍など)  
なし

\*その他の著作物 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など)  
なし

## 2. 学会発表

\*口頭発表 (相手側研究チームとの連名発表)  
発表件数：計 7 件 (うち招待講演：計 4 件)

\*口頭発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)  
発表件数：計 4 件 (うち招待講演：計 1 件)

\*ポスター発表 (相手側研究チームとの連名発表)  
発表件数：計 4 件

\*ポスター発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)  
発表件数：計 3 件

## 3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

1. 次世代ライフログ・日芬合同セミナー 2015 年、主催者：川鍋一晃 (ATR・主任研究員)、Aapo Hyvärinen (ヘルシンキ大・教授)、ATR、京都、日本、2015 年 11 月 9 日～10 日、参加人数 10 名程
2. 次世代ライフログ・日芬合同セミナー 2016 年、主催者：Aapo Hyvärinen (ヘルシンキ大・教授)、川鍋一晃 (ATR・主任研究員)、ヘルシンキ大、ヘルシンキ、フィンランド、2016 年 7 月 13 日、参加人数 10 名程
3. 次世代ライフログ・日芬合同セミナー 2017 年 第 1 回、主催者：川鍋一晃 (ATR・主任研究員)、ATR、京都、日本、2017 年 6 月 14 日、参加人数 40 名程
4. 次世代ライフログ・日芬合同セミナー 2017 年 第 2 回、主催者：川鍋一晃 (ATR・室長)、ATR、京都、日本、2017 年 11 月 22 日、参加人数 15 名程

## 4. 研究交流の実績

### 【合同ミーティング】

- ・2015 年 4 月 21 日：キックオフミーティング、ATR、京都、日本
- ・2015 年 5 月 15 日：日芬合同ミーティング、ATR、京都、日本
- ・2016 年 10 月 17 日：日芬合同ミーティング、ATR、京都、日本
- ・2016 年 12 月 20 日：日芬合同ミーティング、ATR、京都、日本

### 【学生・研究者の派遣、受入】

#### 日本側チームのフィンランド滞在

- ・2015 年 7 月～8 月：日本から研究員 2 名が、1 ヶ月間相手研究機関に研究滞在した。
- ・2016 年 7 月～8 月：日本から研究員 2 名が、3 週間相手研究機関に研究滞在した。

#### フィンランド側チームの日本滞在

- ・2015 年 5 月：Hyvärinen 教授が、2 週間 ATR に研究滞在した。

- 2015年10月～11月：Hyvärinen 教授が、2ヶ月間 ATR に研究滞在した。
- 2015年11月：フィンランド側ポスドク研究員を2週間受け入れた。
- 2016年3月：Hyvärinen 教授が、2週間 ATR に研究滞在した。
- 2016年10月：Hyvärinen 教授が、2週間 ATR に研究滞在した。
- 2016年10月～2017年3月：ポスドク研究員の Celikkanat 氏を6ヶ月間受け入れた。
- 2017年5月～6月：Hyvärinen 教授が、2週間 ATR に研究滞在した。
- 2017年7月：ポスドク研究員の Celikkanat 氏を2週間受け入れた。
- 2017年11月～12月：Hyvärinen 教授が、2週間 ATR に研究滞在した。

**5. 特許出願**

研究期間累積出願件数：0 件

**6. 受賞・新聞報道等**

なし

**7. その他**

なし