

人間工学会関西支部シンポジウム
@金沢歌劇座 2019.12.14

MIYAKE LAB

「場」の可視化システム IoTからIoHへの展開



三宅 美博
東京工業大学・情報理工学院
miyake@c.titech.ac.jp

目 次

MIYAKE LAB

1. インターネットはどこへ向かう？
2. サイバーフィジカル人間システムC PHS
3. 人間のコミュニケーションから学ぶ
4. 動的システムとしてのモデル化
5. 「場」の可視化システム
6. おわりに

2

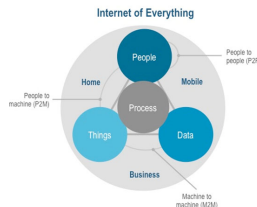
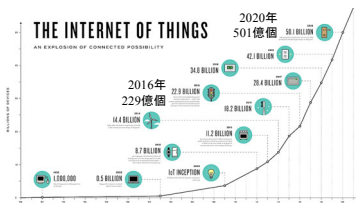
IoTから人間のインターネット (IoH) へ

MIYAKE LAB

■世の中に存在するさまざまな“モノ”がインターネットに接続されることで、新たな価値が生み出されることが期待される「IoT (Internet of Things)」とは？

1. モノや人工物がインターネットに接続するIoT-I
2. 人間や生物がインターネットに接続するIoT-II
3. データやプロセスもインターネットに接続するIoT-III
4. あらゆるモノがインターネットに接続するIoT-IV (IoE) (CISCO)

モノのインターネット (IoT) から人間のインターネット (IoH) へ



IoTから人間のインターネット (IoH) へ

MIYAKE LAB

■モノのインターネット (IoT) にできること

1. あらゆるモノからデータを大量に収集して分析する (第1段階: 見える化)
2. 分析結果をもって実社会の装置やサービスを制御する (第2段階: 制御)
3. 制御を自動化しAIを用いて効率改善をする (第3段階: 最適化・効率改善)



問題: IoTを人間を含むインターネット (IoH) にも適用できるか？

集中制御 (クラウドコンピューティング)



IoT

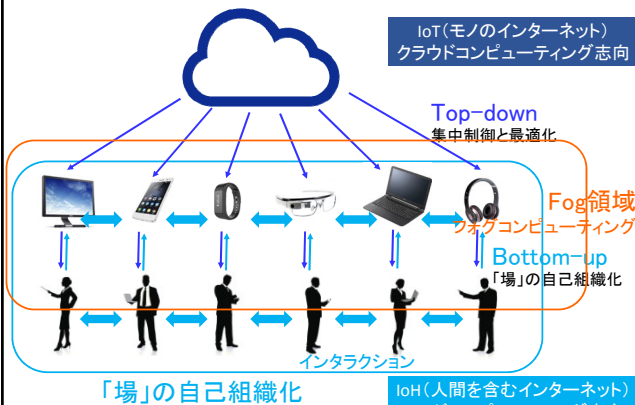
共創システム



IoH

クラウド⇒エッジ⇒フォグ

MIYAKE LAB



IoTとIoHの融合に向けて

MIYAKE LAB

IoT
Internet of Things
モノのインターネット



業務の効率化

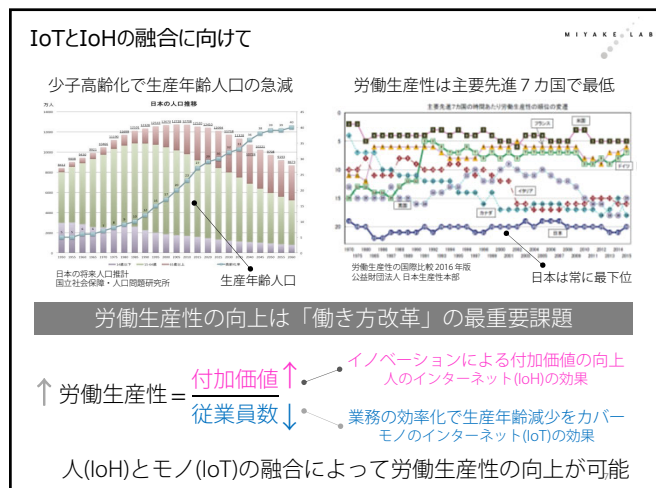
IoH
Internet of Human
人のインターネット



イノベーション

IoTとIoHの融合

人とモノの情報融合で高度なサービスを実現



目次

1. インターネットはどこへ向かう？
2. サイバーフィジカル人間システムC PHS
3. 人間のコミュニケーションから学ぶ
4. 動的システムとしてのモデル化
5. 「場」の可視化システム
6. おわりに

8



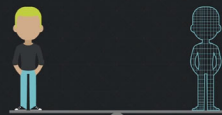
サイバーフィジカルシステムは「場」に向かう

MIYAKE LAB

facebook



/ Social presence in VR
Believable avatars



Believability in VR

oculus/conn3ct

<https://www.youtube.com/watch?v=X6XOWtscnY&index=17&list=PL12xVXGs1SP7RjXUBwur43fIR7rCbYLD>

目次

MIYAKE LAB

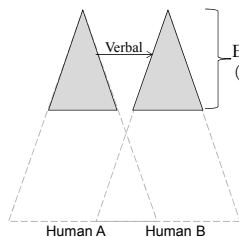
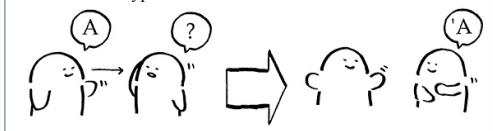
1. インターネットはどこへ向かう？
2. サイバーフィジカル人間システムC PH S
3. 人間のコミュニケーションから学ぶ
4. 動的システムとしてのモデル化
5. 「場」の可視化システム
6. おわりに

14

Face-to-face communication

MIYAKE LAB

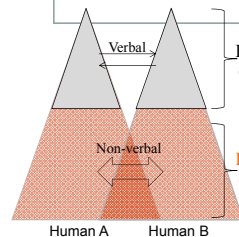
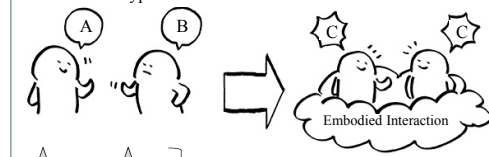
Transmission type Communication

Explicit channel
(conscious)

Face-to-face communication

MIYAKE LAB

Co-creation type Communication

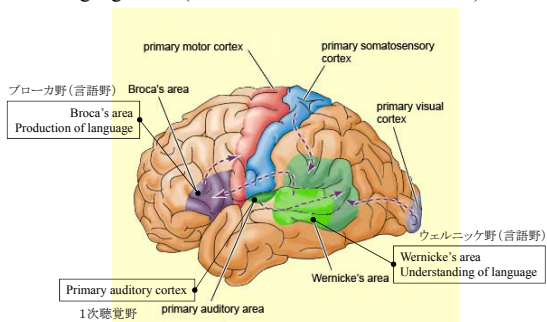
Implicit channel
(subconscious)

Human communication channel

MIYAKE LAB

Verbal-communication

— Language Areas (Broca's area and Wernicke's area)



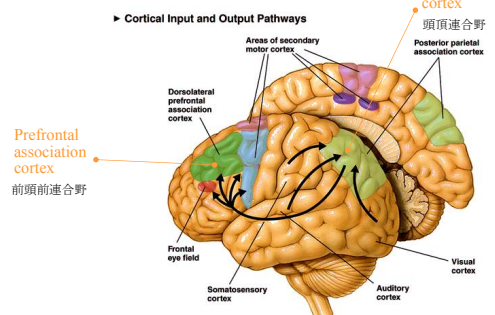
http://thebrain.mcgill.ca/flash/i/i_10/i_10_cr/i_10_cr_lan/i_10_cr_lan.html

Human communication channel

MIYAKE LAB

Non-verbal communication

— Parietal & Prefrontal Association Cortex



https://en.wikipedia.org/wiki/Supplementary_motor_area

Importance of non-verbal communication

MIYAKE LAB

Alex Pentland
MIT Media Lab

HONEST SIGNALS
HOW THEY SHAPE OUR WORLD
ALEX (GANDY) PENTLAND

Honest Signals: How They Shape Our World
The MIT Press (2010)

activity
movement that indicates interest and excitement

mimicry
reflexive copying of one person by another

influence
the extent to which one person matches the other's speech patterns

consistency
quality of speech that is perceived as expertise

Interpersonal embodied synchrony

MIYAKE LAB

Condon & Sander 1974

Neonate's motor behavior synchronized with adult's utterance

Fig. 1. Two-day-old neonate moving synchronously with adult speaking. "Come over and see who's over here." The transcription read vertically shows that the infant's configurations of movement coincide with the articulatory segments of the adult's speech. Definition of descriptive notation: F, forward or flex (depending on body part); D, down; E, extend; C, close; RI, rotate inward; RO, rotate outward; AD, adduct; and U, up. Lower case letters refer to speed: s, slight; f, fast; and vs, very slight.

Interpersonal embodied synchrony

MIYAKE LAB

Nagaoka & Komori 2008

Positive correlation between body movement synchrony & positive evaluation of counsellor-patient relationship in psychotherapeutic counselling

Low rated counselling

High rated counselling

Embodied synchrony and empathy

MIYAKE LAB

Relationship between empathy and synchrony

MIYAKE LAB

Yap, M.S.R., Ogawa, K., Inoue, Y., Miura, S., Miyake, Y., "Multi-layered embodied synchrony in the process of consensus building," PLoS ONE (under review)

Informative Part Synchrony

Empathetic Part Synchrony

Mean

High Synchrony

Low Synchrony

N=23

Speaker faster than listener

Listener faster than Speaker

Time Lag [Sec]

Frequency of Body Movement [Hz]

Trunk

Nodding

Laughing

Intensity of embodied synchrony of nodding increased under empathetic condition

Relationship between empathy and synchrony

MIYAKE LAB

Yap, M.S.R., Ogawa, K., Inoue, Y., Miura, S., Miyake, Y., "Multi-layered embodied synchrony in the process of consensus building," PLoS ONE (under review)

Informative Part Synchrony

Empathetic Part Synchrony

Mean

High Synchrony

Low Synchrony

N=23

Speaker faster than listener

Listener faster than Speaker

Time Lag [Sec]

Frequency of Body Movement [Hz]

Synchrony Difference

Nodding

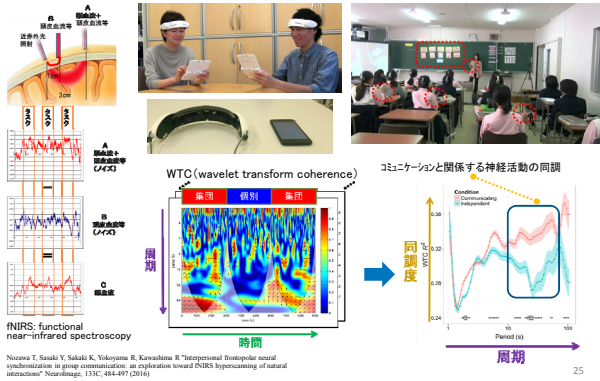
Laughing

Listener's nodding delays speaker's nodding under informative condition

Listener's nodding precedes speaker's nodding under empathetic condition

Embodied synchrony of brain activity

対面コミュニケーションにおけるインターパーソナルな神経活動の同調



NOZUMI T, SASAKI Y, SAKAKI K, YUKIYAMA R, KAWAHARA M "Interpersonal frontopolar neural synchronization in group communication: an exploration toward fNIRS hyperscanning of natural interactions" NeuroImage, 133C, 484-497 (2016)

25

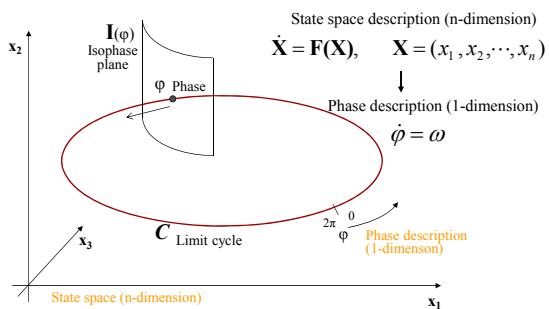
目次

1. インターネットはどこへ向かう？
2. サイバーフィジカル人間システムC PHS
3. 人間のコミュニケーションから学ぶ
4. 動的システムとしてのモデル化
5. 「場」の可視化システム
6. おわりに

26

Computational model of synchrony

Phase description of Limit cycle
— Phase oscillator



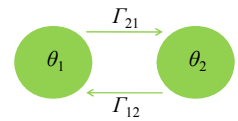
Computational model of synchrony

Coupled phase oscillator model
— Mutual entrainment between two oscillators

$$\begin{cases} \dot{\theta}_1 = \omega_1 + K_{12} \sin(\theta_2 - \theta_1) \\ \dot{\theta}_2 = \omega_2 + K_{21} \sin(\theta_1 - \theta_2) \end{cases}$$

$$\Delta\theta_{12} = \theta_1 - \theta_2$$

$$\Delta\omega_{12} = \omega_1 - \omega_2$$



$$\Delta\dot{\theta}_{12} = \Delta\omega_{12} - (K_{12} + K_{21}) \sin(\Delta\theta_{12})$$

Computational model of synchrony

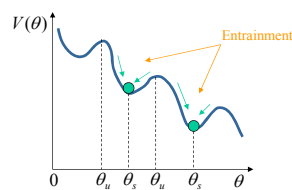
Coupled phase oscillator model
— Mutual entrainment between two oscillators

Defining the following potential function,

$$\Delta\dot{\theta}_{12} \equiv \partial V / \partial (\Delta\theta_{12})$$

$$V = \int_0^{\Delta\theta_{12}} \Delta\dot{\theta}_{12} d(\Delta\theta_{12})$$

$$= \Delta\omega_{12} \Delta\theta_{12} + (K_{12} + K_{21}) \cos(\Delta\theta_{12})$$



Computational model of synchrony

Coupled phase oscillator model
— Mutual entrainment between two oscillators

Phase difference at entrained state,

$$\Delta\theta'_{12} = \sin^{-1} \left(\frac{\Delta\omega_{12}}{K_{12} + K_{21}} \right)$$

Apparent frequency at entrained state,

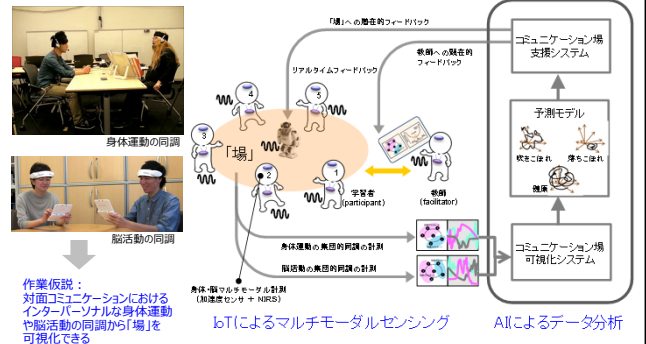
$$\omega' = \frac{\omega_1 K_{21} + \omega_2 K_{12}}{K_{12} + K_{21}}$$

目 次

1. インターネットはどこへ向かう？
2. サイバーフィジカル人間システム CPHS
3. 人間のコミュニケーションから学ぶ
4. 動的システムとしてのモデル化
5. 「場」の可視化システム
6. おわりに

31

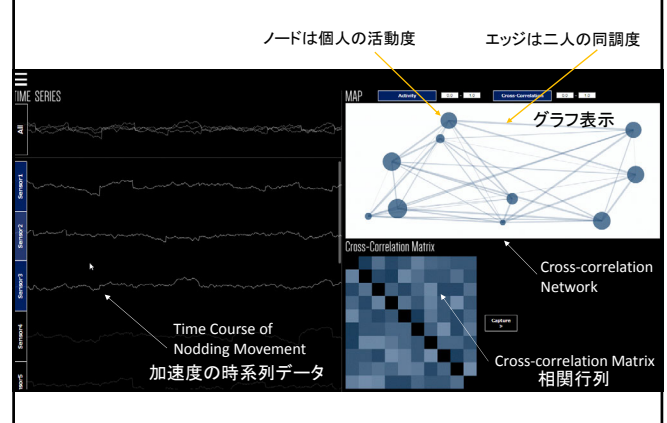
「場」のリアルタイム可視化システム (SyncViewer)

■「場」のリアルタイム可視化システム (SyncViewer)
+ フィードバックシステム

「場」のリアルタイム可視化システム (SyncViewer)



「場」のリアルタイム可視化システム (SyncViewer)



東工大の参加型授業への適用



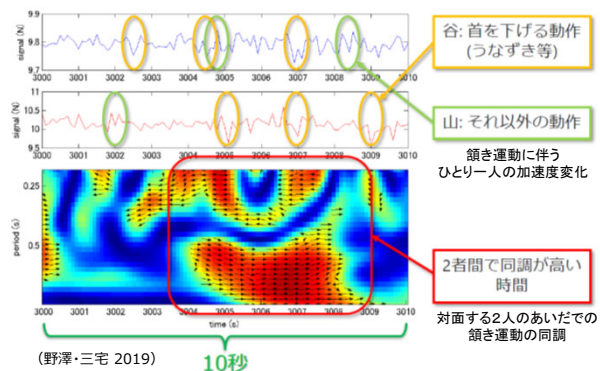
東工大の参加型授業への適用



「場」を顔きのインターパソナル同調から可視化できる

MIYAKE LAB

■「場」をインターパソナルな身体同調から可視化できることが世界で初めて示された



目次

MIYAKE LAB

1. インターネットはどこへ向かう？
2. サイバーフィジカル人間システムC PHS
3. 人間のコミュニケーションから学ぶ
4. 動的システムとしてのモデル化
5. 「場」の可視化システム
6. おわりに

38

IoTとIoHの融合に向けて

MIYAKE LAB

