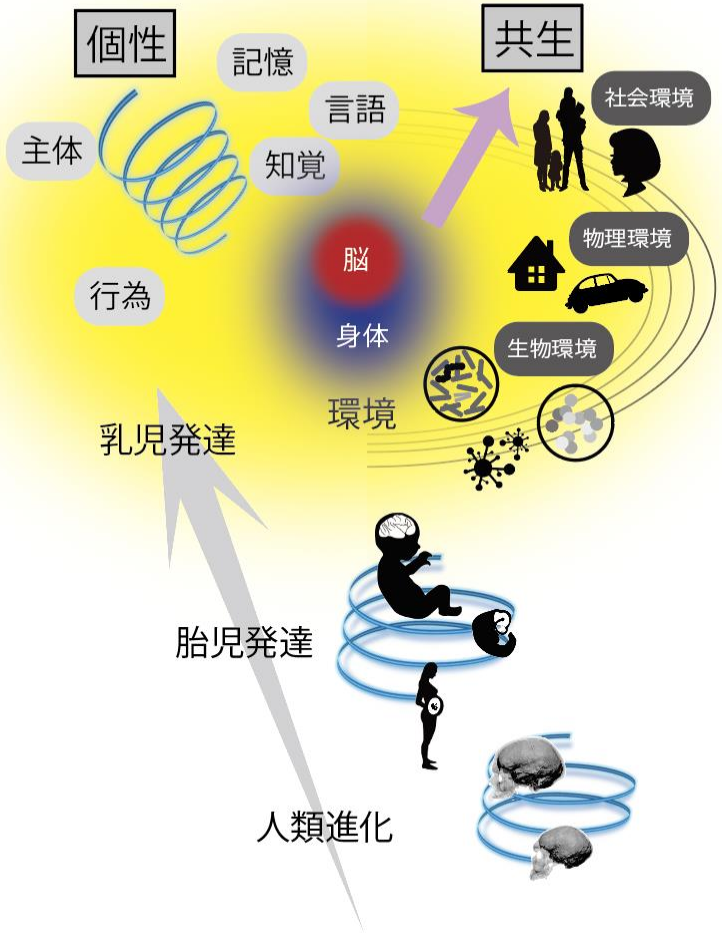
乳幼児期の教育の大切さと場の働き

多賀厳太郎

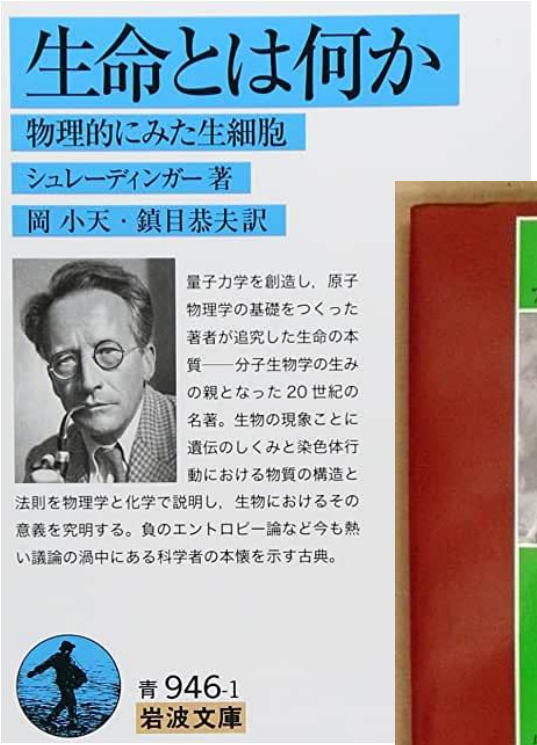
東京大学大学院教育学研究科

脳と身体の自発活動を
基盤とする
個性創発



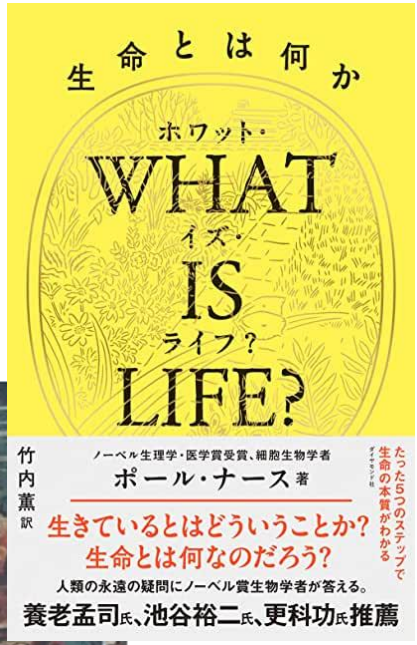
多様で複雑な環境
との相互作用
による共生

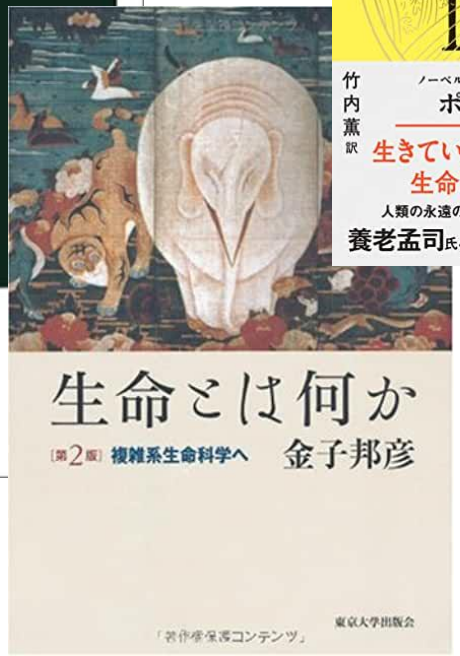
生きている状態とは？


生命とは何か
物理的にみた生細胞
シュレーディンガー 著
岡 小天・鎮目恭夫訳
量子力学を創造し，原子物理学の基礎をつくった著者が追究した生命の本質――分子生物学の生みの親となった20世紀の名著。生物の現象ことに遺伝のしくみと染色体行動における物質の構造と法則を物理学と化学で説明し，生物におけるその意義を究明する。負のエントロピー論など今も熱い議論の渦中にある科学者の本懐を示す古典。
青 946-1
岩波文庫

フォン・ベルタランフィ
生命
有機体論の考察
みすず書房

清水 博著
生命を捉えなおす
生きている状態とは何か
増補版
中公新書
503


生命とは何か
ホワット・
WHAT
イズ・
IS
ライフ?
LIFE?
竹内薫訳
ノーベル生理学・医学賞受賞、細胞生物学者
ポール・ナース著
生きているとはどういうことか?
生命とは何なのだろう?
人類の永遠の疑問にノーベル賞生物学者が答える。
養老孟司氏、池谷裕二氏、更科功氏推薦


生命とは何か
[第2版] 複雑系生命科学へ
金子邦彦
東京大学出版会

ヒトの脳・身体ー複雑なシステム：

- 要素は自律的に活動を生成する
- 開放系　物質やエネルギーの流れ
- 非線形相互作用を通じた自己組織
- 自ら新たな情報を作る

生きている

発達：

- 自発的に自らの形態と機能を作る
- 環境と相互作用しながら発展
- 自己の形成
- 人間になること

生きていく

共生：

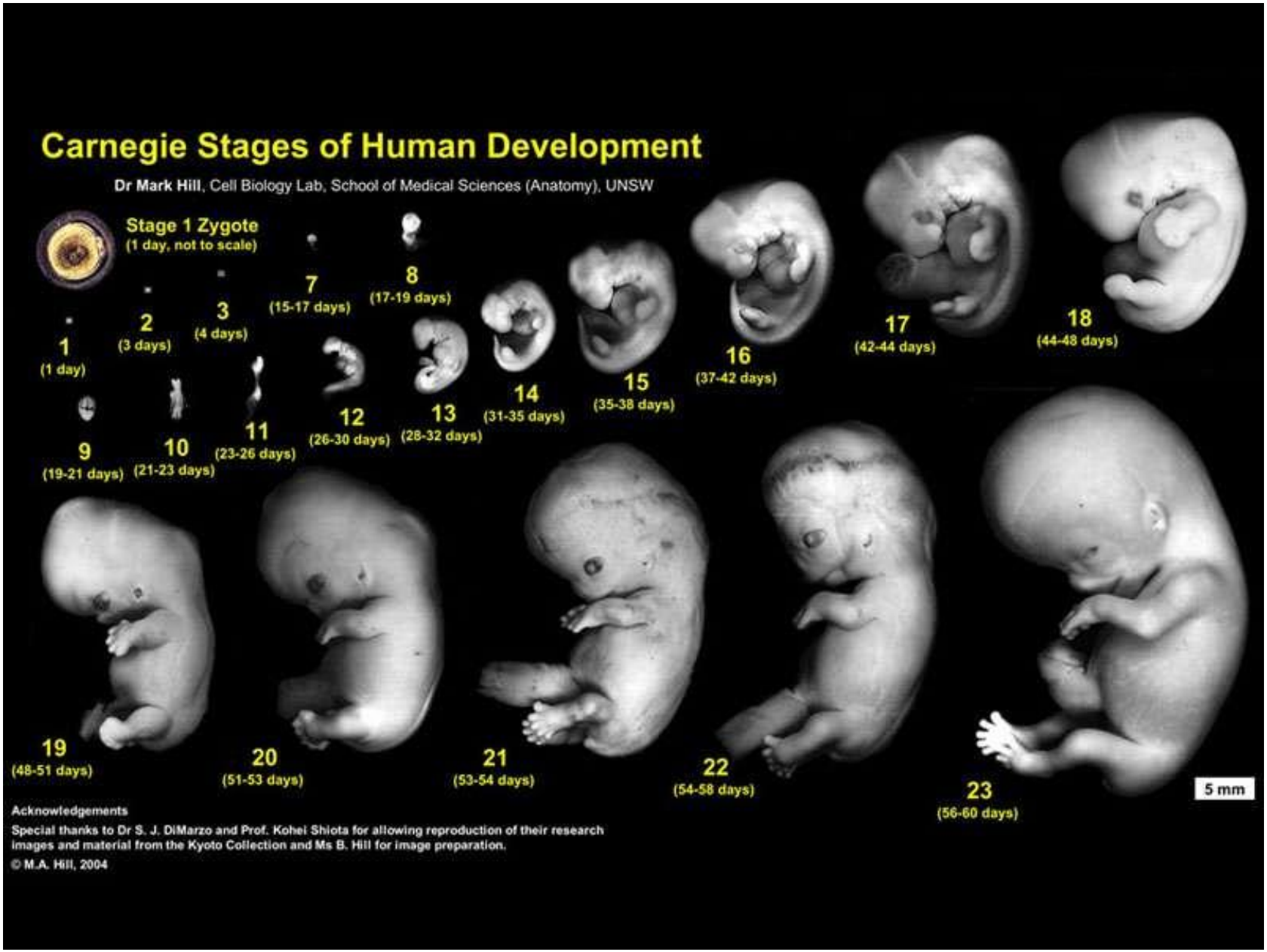
- 自然・生物・社会環境との相互作用
- 場の形成

生かされる

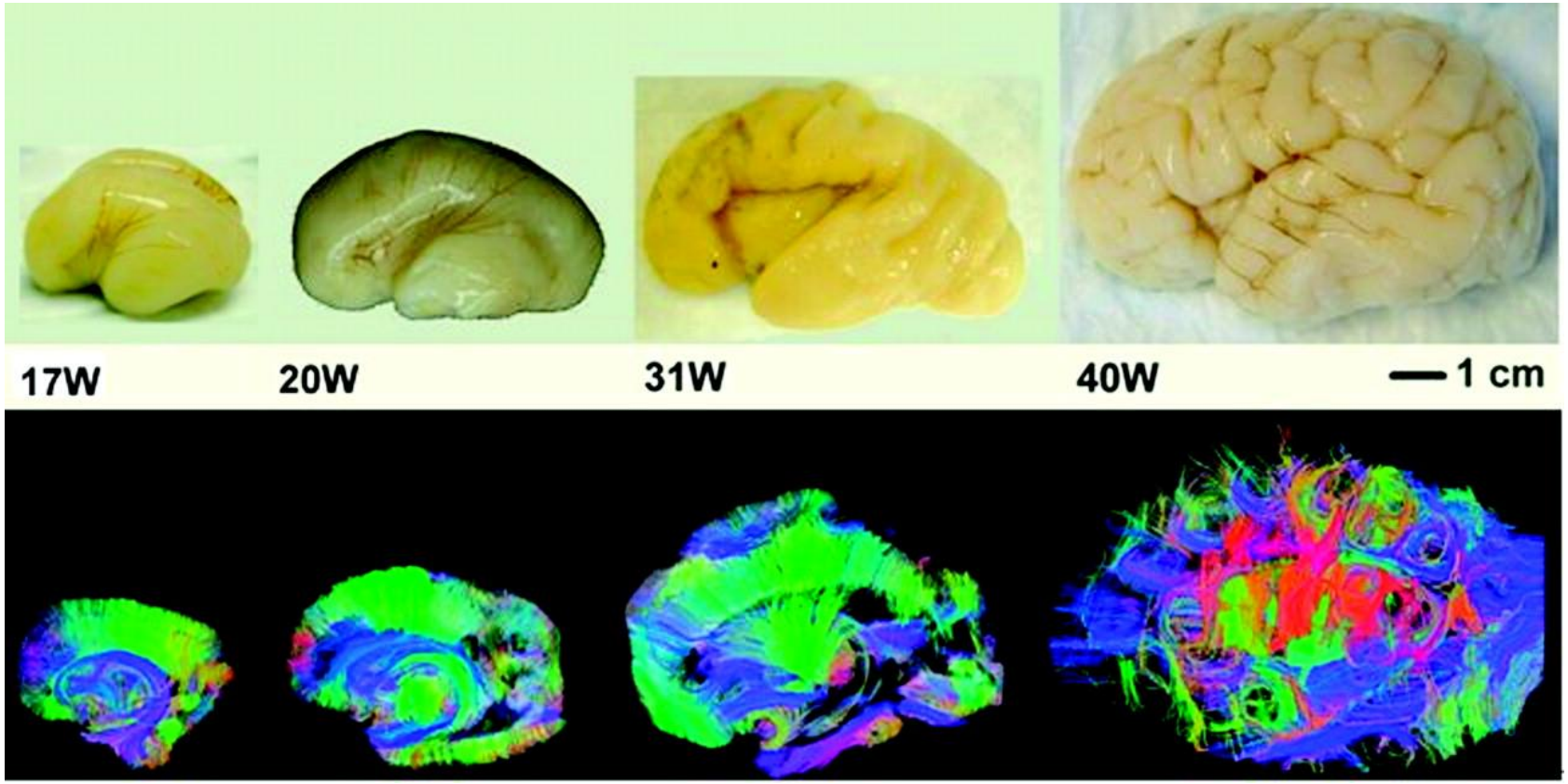
１　人間の脳はいかにできるか
２　個の成立
３　世界との共生
４　進化を駆動する発達
５　人間形成を捉え直す

１　人間の脳はいかにできるか
２　個の成立
３　世界との共生
４　進化を駆動する発達
５　人間形成を捉え直す

胎児の発達


Carnegie Stages of Human Development
Dr Mark Hill, Cell Biology Lab, School of Medical Sciences (Anatomy), UNSW
Stage 1 Zygote
(1 day, not to scale)
1
(1 day)
2
(3 days)
3
(4 days)
7
(15-17 days)
8
(17-19 days)
9
(19-21 days)
10
(21-23 days)
11
(23-26 days)
12
(26-30 days)
13
(28-32 days)
14
(31-35 days)
15
(35-38 days)
16
(37-42 days)
17
(42-44 days)
18
(44-48 days)
19
(48-51 days)
20
(51-53 days)
21
(53-54 days)
22
(54-58 days)
23
(56-60 days)
5 mm
Acknowledgements
Special thanks to Dr S. J. DiMarzo and Prof. Kohei Shiota for allowing reproduction of their research images and material from the Kyoto Collection and Ms B. Hill for image preparation.
© M.A. Hill, 2004

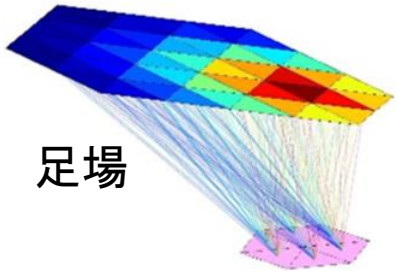
胎児における脳のマクロな構造とネットワークの形成



（Takahashi E et al. Cereb. Cortex 2012）

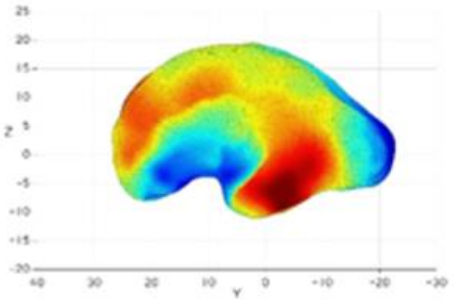
胎児における脳の形態形成と
ネットワーク形成の原理の追求

＜放射状方向理論＞

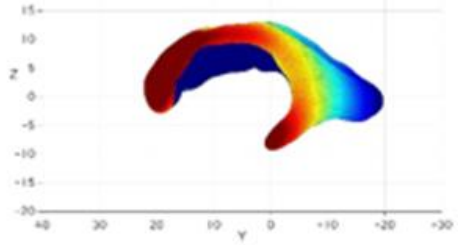


足場

大脳皮質の成長率



脳室のプロトマップ

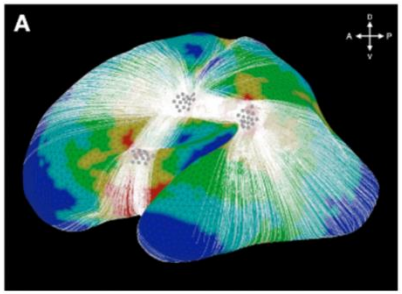


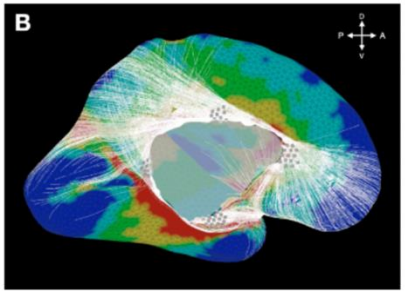
(Homae et al. submitted)

＜接線方向理論＞

測地線

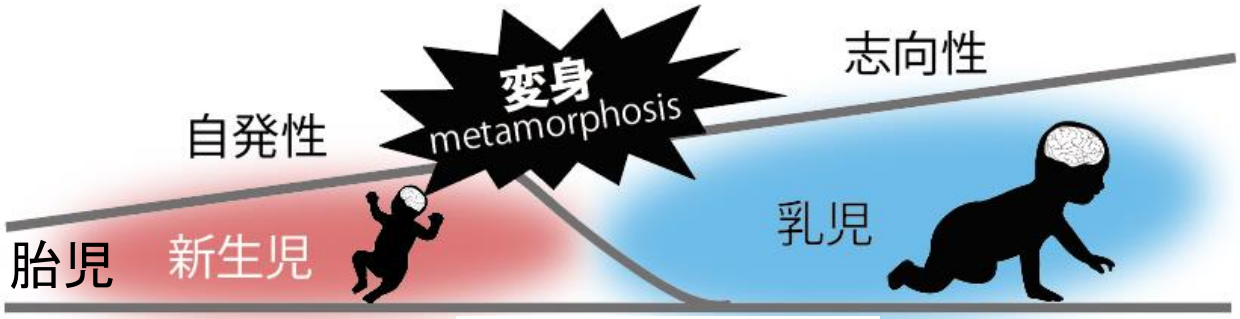
長距離連合線維の形成



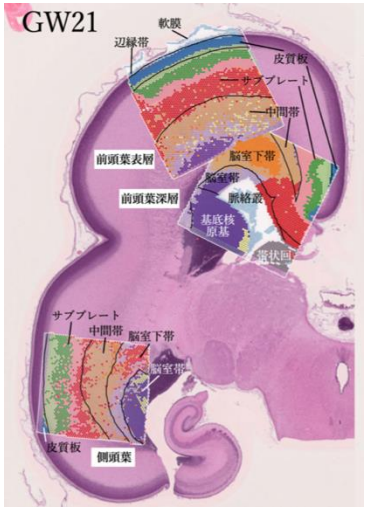


(Horibe, Taga, Fujimoto Cerebral Cortex 2023)

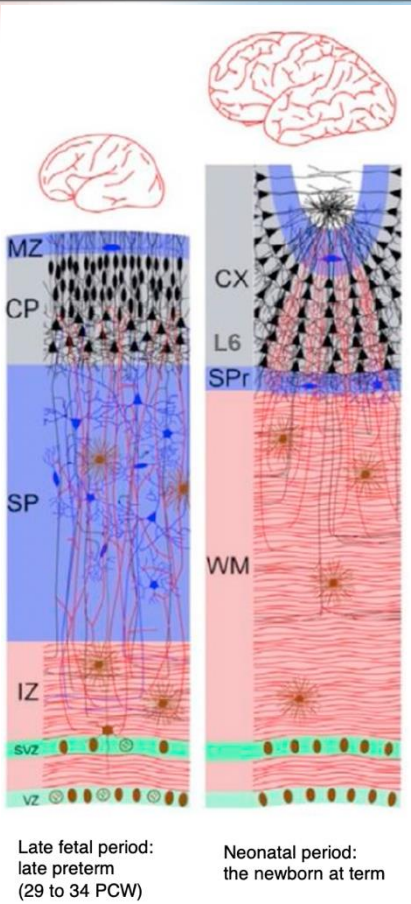
胎児から乳児へ　脳の劇的変化



遺伝子発現



阿知波、丸山ら
（医学総合研究所）

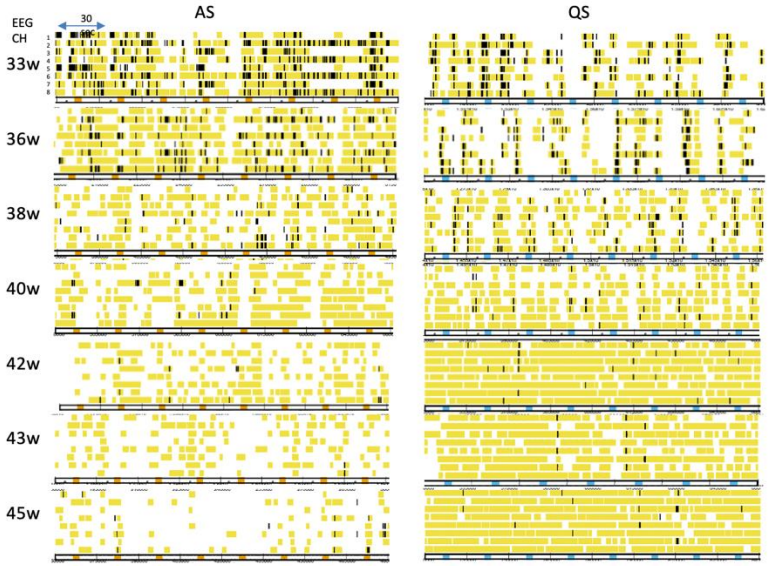


サブプレートの
発達と消失

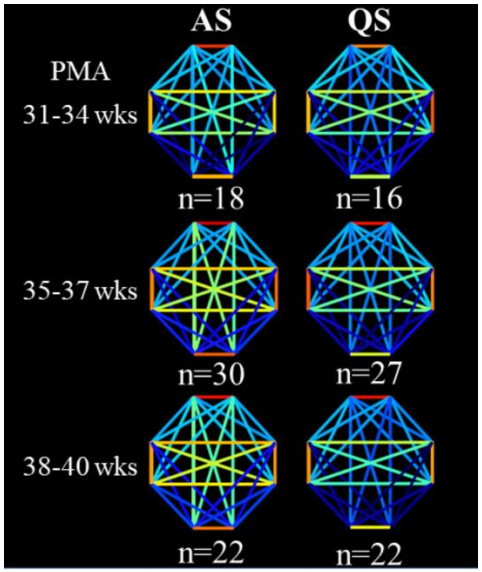
大脳の再構成

早産児における脳の自発活動の生成と消滅

自発活動（EEG)の発達

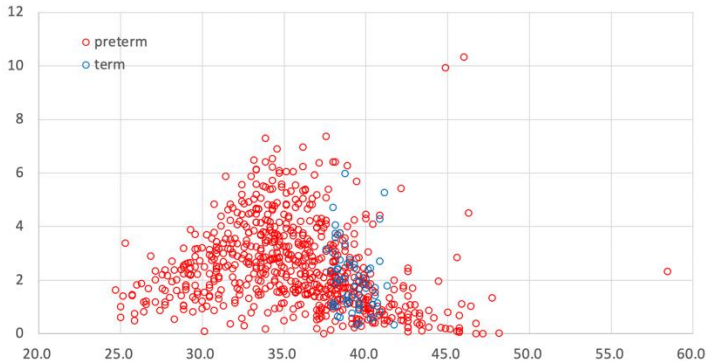


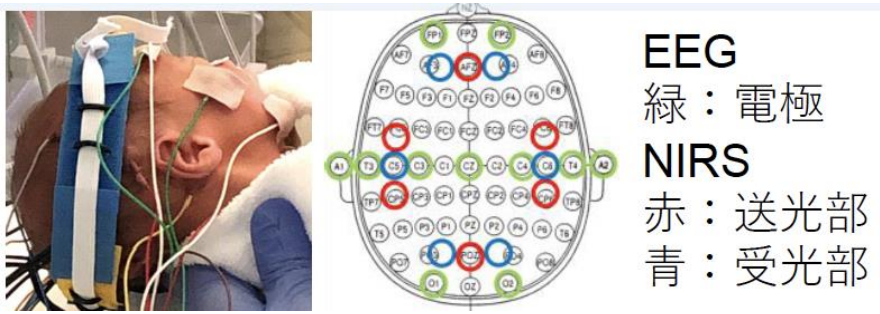
ネットワーク(fNIRS)の発達



(Shiraki et al. Sleep 2025)

デルタブラッシュの生成と消滅



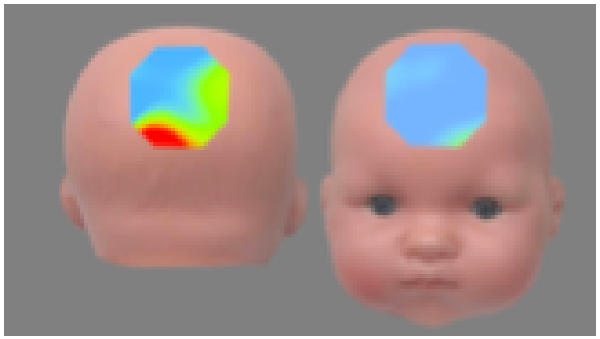


名古屋大学　小児科　城所グループとの共同研究

3ヶ月児の脳の機能分化

視覚

視覚野



(Taga et al. PNAS 2003)

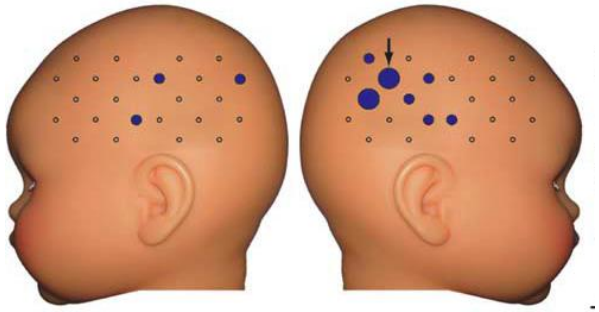
聴覚

左右聴覚領域

(Taga & Asakawa NeuroImage 2007)

言語

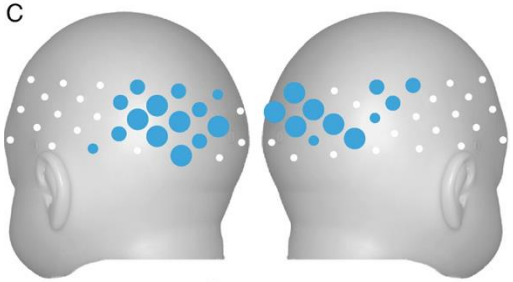
右側頭頭頂領域



(Homae et al. Neurosci Res 2006)

視覚オブジェクト

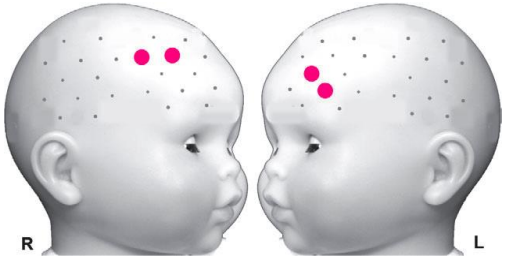
後頭葉外側部



(Watanabe et al. NeuroImage 2008)

馴化脱馴化

前頭前野



(Nakano et al. Cereb Cortex 2009)

連合学習

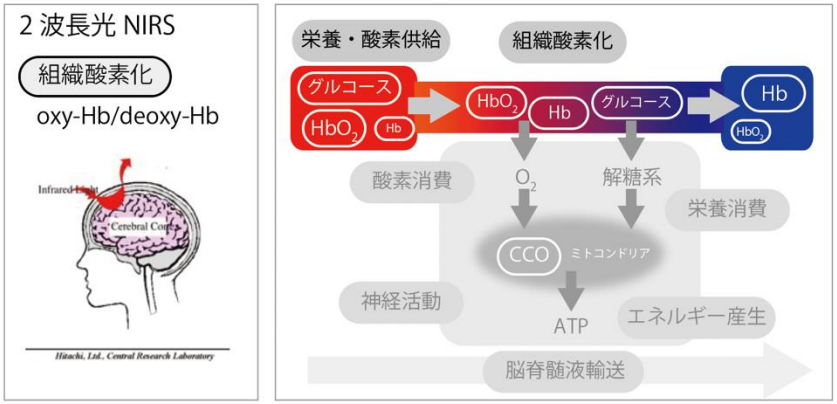
側頭頭頂領域

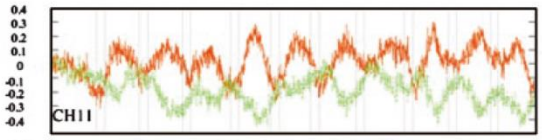
(Nakano et al. PLoS ONE 2008)

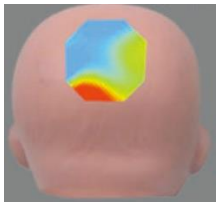
新規脳イメージング手法の開発

従来のNIRS脳イメージング

（Taga et al. PNAS 2003）



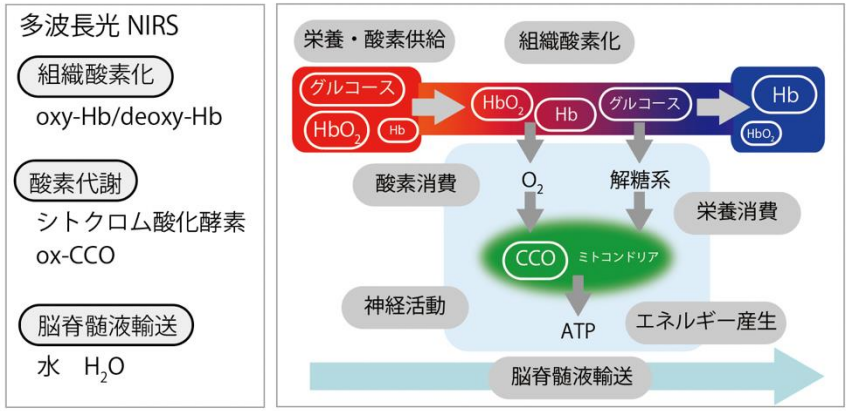


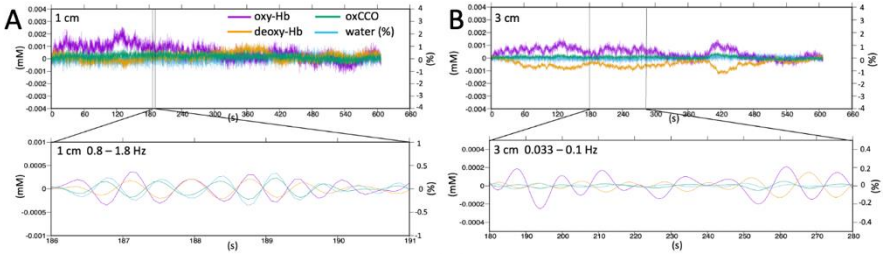


・神経活動　（神経細胞）
・脳血液酸素化（脳毛細血管）

新規多波長NIRS脳イメージング

（Taga & Watanabe Adv Exp Med Biol, 2023）

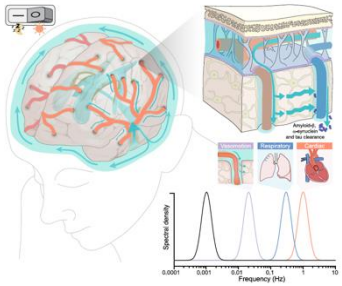




・神経活動　（神経細胞）
・脳血液酸素化（脳毛細血管）
・酸素代謝　（神経細胞ミトコンドリア）
・水輸送　（脳脊髄液）

水輸送

→グリンパテックシステム
　脳のメンテナンス機能を
　担う仕組みとして注目
→睡眠時に亢進
→睡眠の役割の解明へ



（Rasmussen et al. Physiol Rev 2022）

１　人間の脳はいかにできるか

２　個の成立

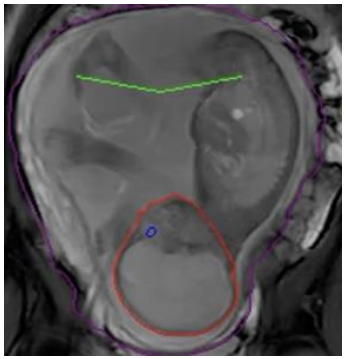
３　世界との共生

４　進化を駆動する発達

５　人間形成を捉え直す

自発運動から目的志向運動へ

最初の胎動
(Einspieler et al.
Fetal behaviour, 2012)

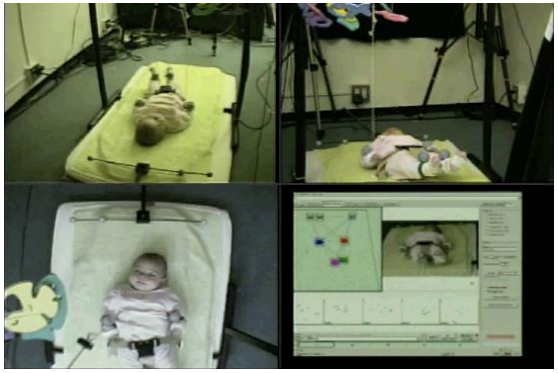


胎動
ウィーン医科大学との共同研究

ジェネラルムーブメント(全身自発運動)
(Taga, Takaya and Konishi, IEEE, SMC, 1999)
ジェネラルムーブメントと発達障害
(Kanemaru et al. Dev Med Child Neurol 2013)
(Gima et al. Exp Brain Res 2018)

7.5 週齢(在胎)　　18 週齢 ~　　新生児

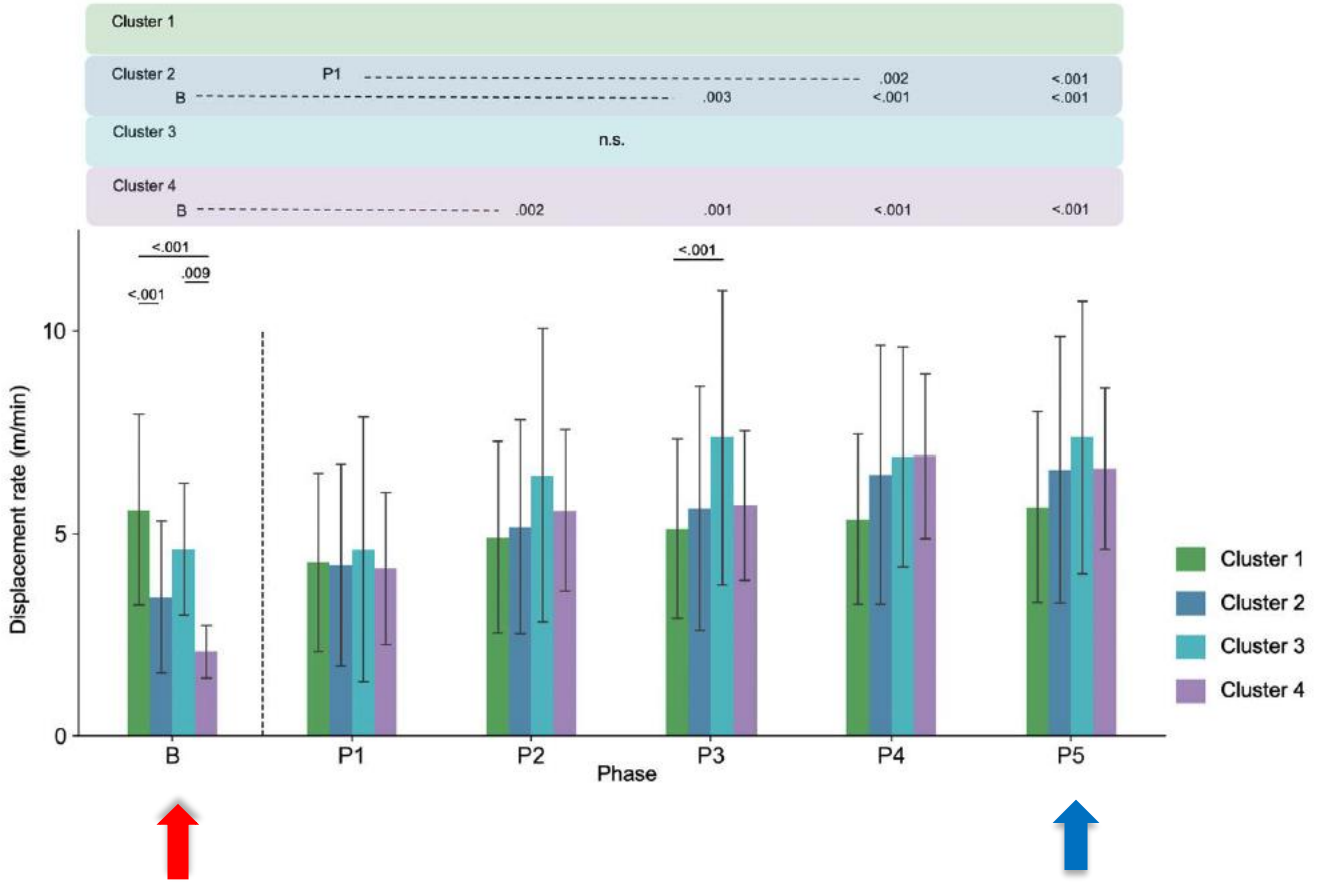
音楽リズムへの引き込み
(Fujii et al. PLoS ONE 2014)



環境との相互作用(モビール課題)
(Watanabe et al. J. Exp Psychol

2-4 月齢(生後)

学習―個性を減らすか？個性を増やすか？

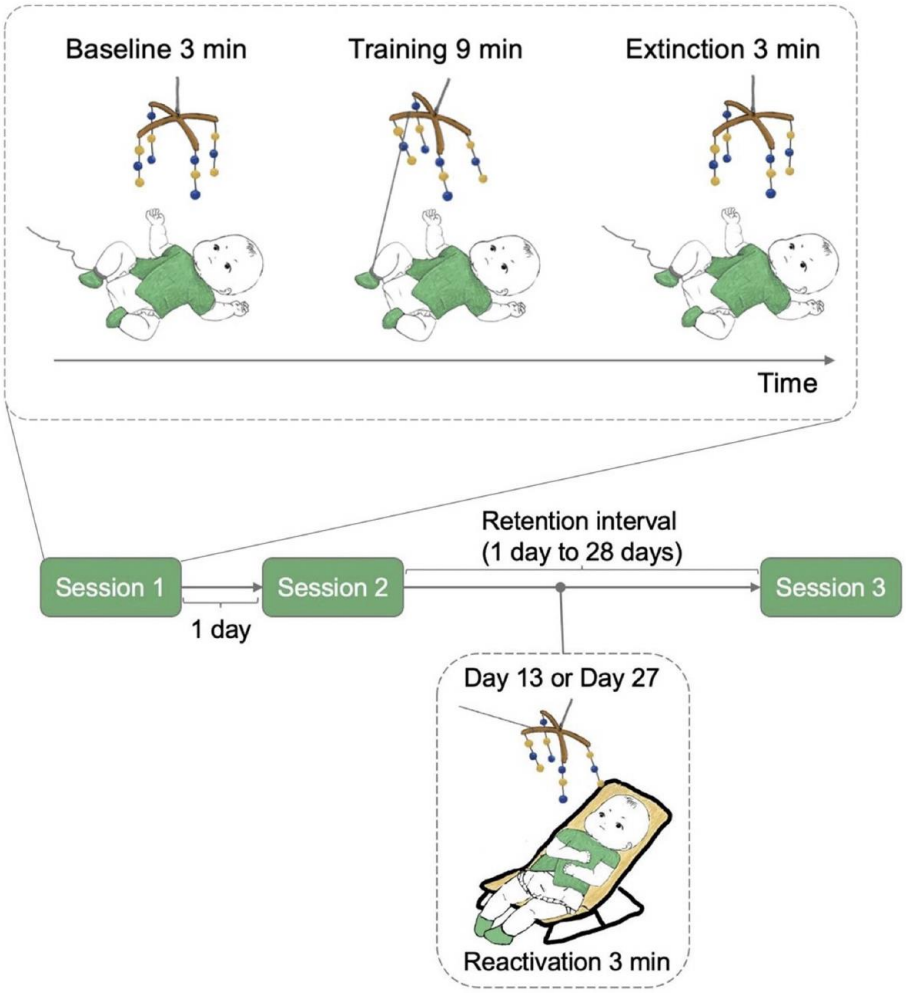


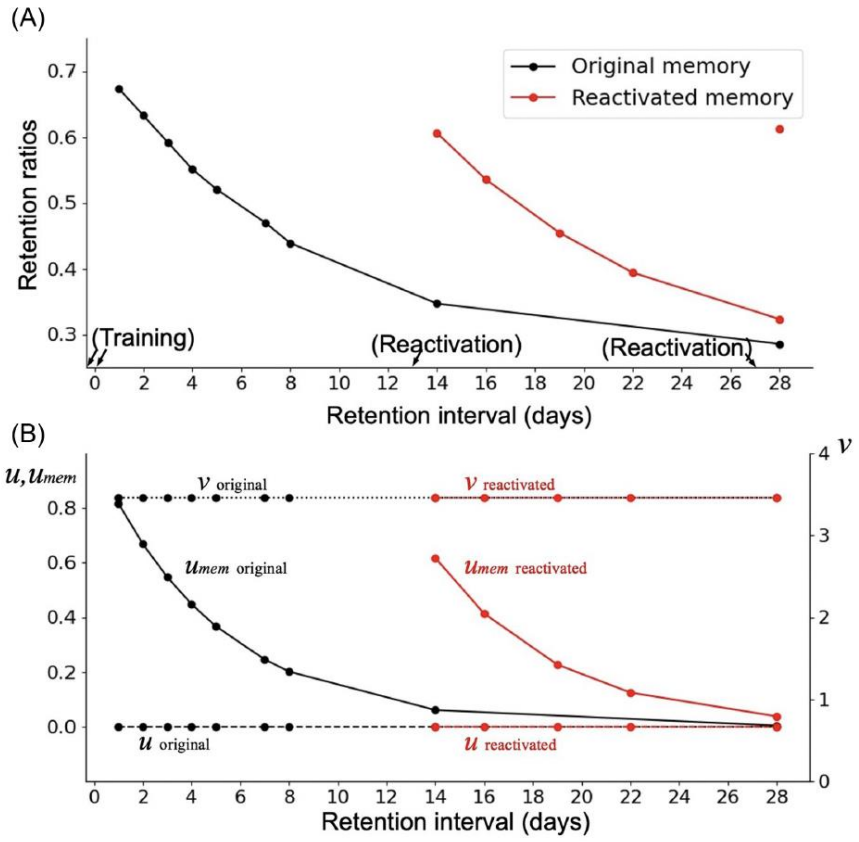
unique to
each individual

indistinguishable
from others

(Fujihira, Watanabe, Taga submitted)

長期記憶の形成・忘却・再活性

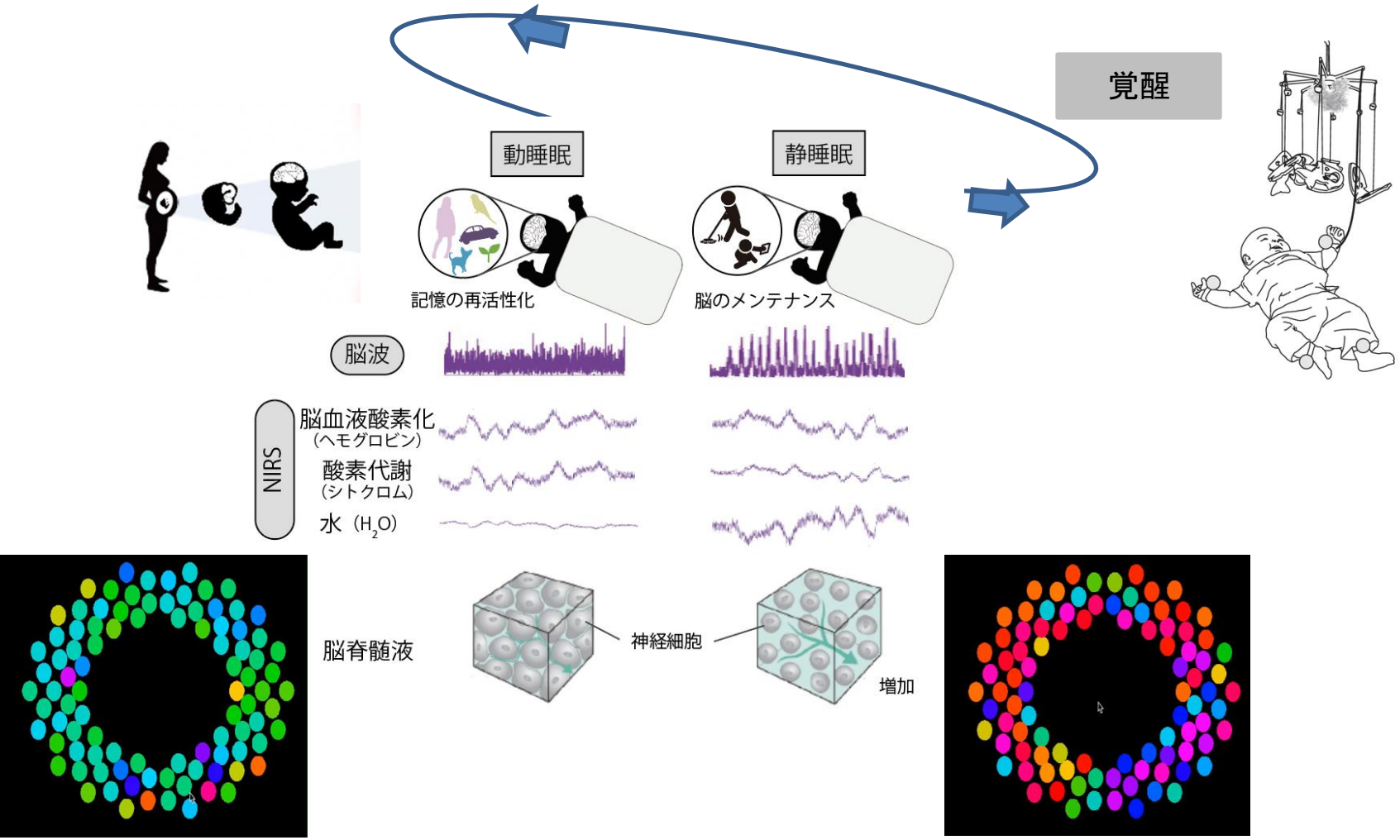




Embodied memory

(Fujihira & Taga, Psychological Rev 2025)

睡眠ー覚えるためにあるのか？忘れるためにあるのか？



多波長NIRS（Taga & Watanabe Adv Exp Med Biol, 2023）
を用いて、脳活動、血流、酸素代謝、水輸送を計測
→睡眠中の乳児の脳の未知の働きを可視化

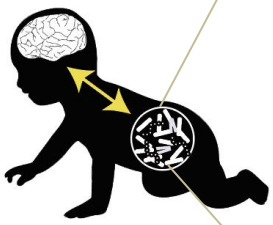
１　人間の脳はいかにできるか
２　個の成立
３　世界との共生
４　進化を駆動する発達
５　人間形成を捉え直す

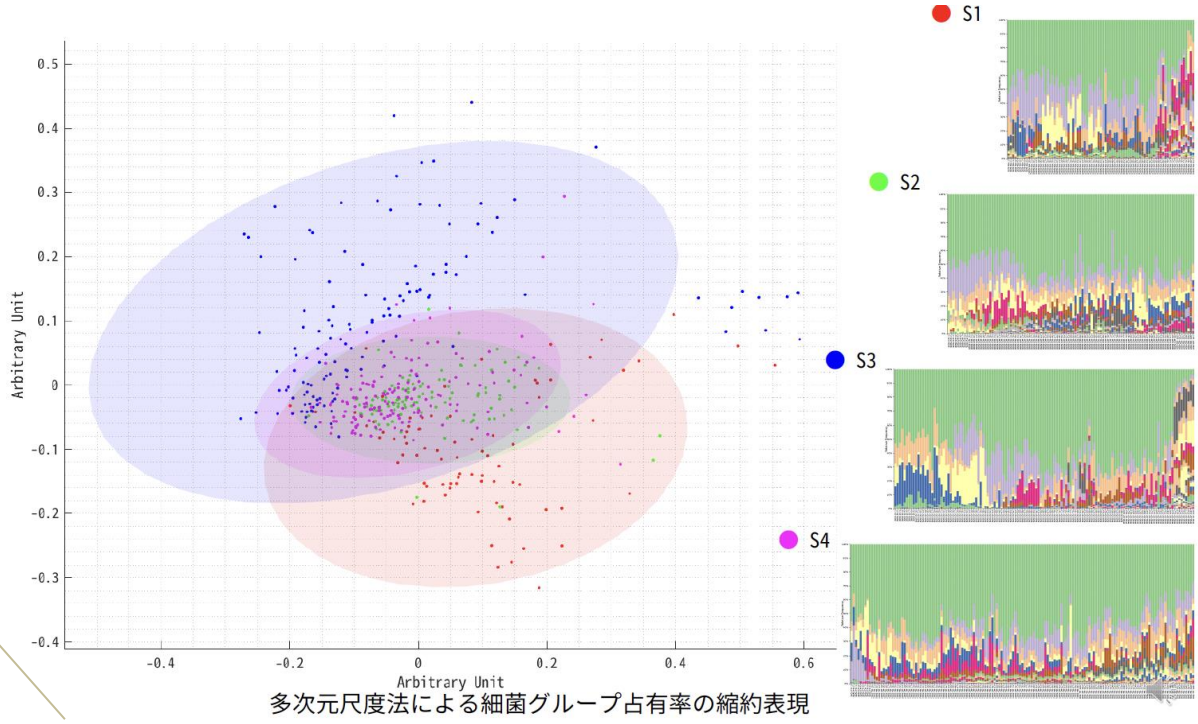
腸内細菌との共生

消化管は物理的に外部である

- 腸内細菌叢が脳の発達や身体の健康に重要な役割を担う
- 共生する腸内細菌叢は動的に変化し、個性も認められる

→発達初期の腸内細菌と脳の相互作用の実態は未解明





多次元尺度法による細菌グループ占有率の縮約表現

- 内と外の境界は？
- 自己と他者の境界は？
- 免疫学的自己との関連

言語の初期発達ー発話が先か？知覚が先か？

発話

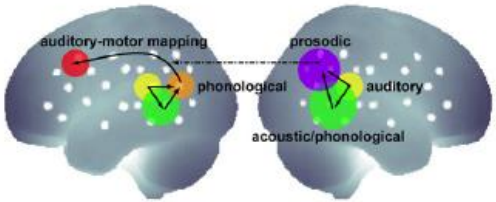
母音に似た音の発声

言語に特有な音の発声　初語

非言語音の発声

喃語

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12



音の分布の統計的学習

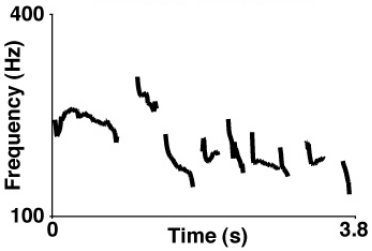
単語内の典型的な強弱のパターンを識別

リズム・抑揚を基に言語を弁別

抑揚の大きな母親語を選好

言語に特別な音の組み合わせの認識

母国語の子音の知覚能力が向上



知覚

韻律情報
音韻情報

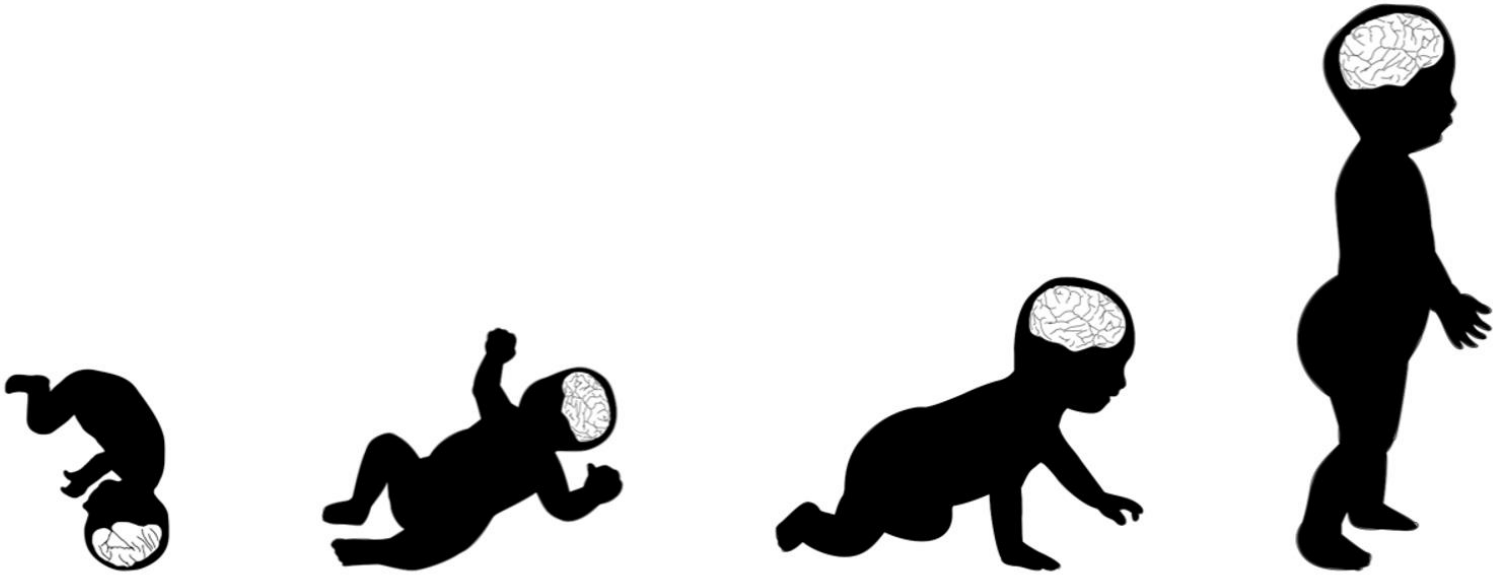
一般的な知覚の機構

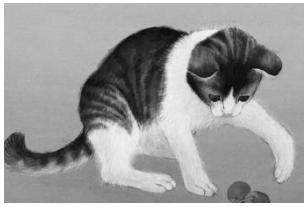
言語に特有な機構

adapted from
Clancy and Finley (2001),
Kuhl (2004)

１　人間の脳はいかにできるか
２　個の成立
３　世界との共生
４　進化を駆動する発達
５　人間形成を捉え直す

個体発生は系統発生を繰り返す？





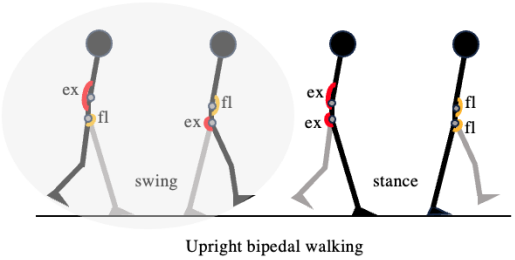
直立二足歩行の起源に関するネオテニー仮説

直立二足歩行の発達

新生児ステッピング（原始歩行）

（Taga et al. 1991; 多賀 2002）

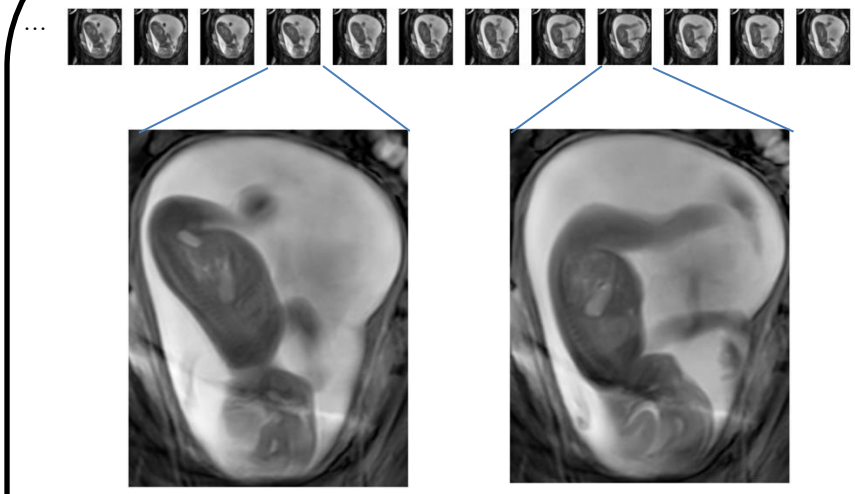
神経系、身体、環境の間のリズムの引き込みによる自己組織



（Taga 1995）

体幹の直立姿勢と下肢の運動を協調する機構の起源は？

cineMRIによる胎児（18週～満期）の自発運動計測



スイング

(Taga et al. submitted)

直立二足歩行の発達と進化

シャッフリングベビー
はいはい（四足歩行）を経由しない二足歩行
（Robson 1970）

化石類人猿（ダヌビウス）の直立二足歩行
（Böhme et al. 2019）

二足歩行の進化の原理
ネオテニー
（胎児化/幼形成熟/遅滞）
（今西 1974）

ネオテニー

発達を遅らせることで、胎児的な形態を維持

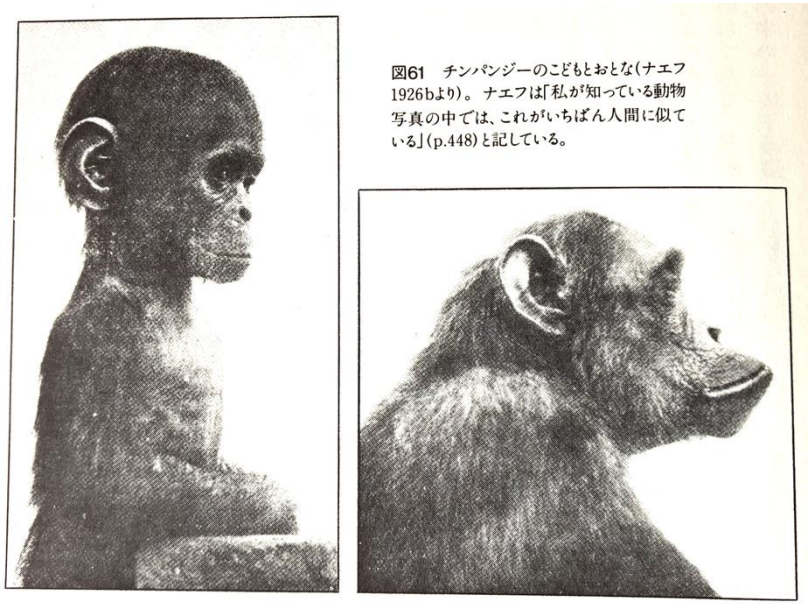
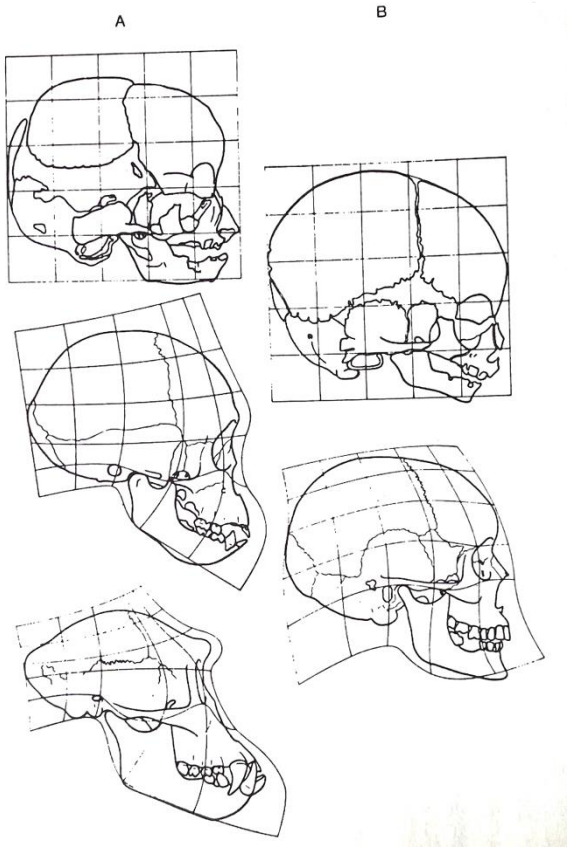


図61　チンパンジーのこどもとおとな(ナエフ1926bより)。ナエフは「私が知っている動物写真の中では、これがいちばん人間に似ている」(p.448)と記している。

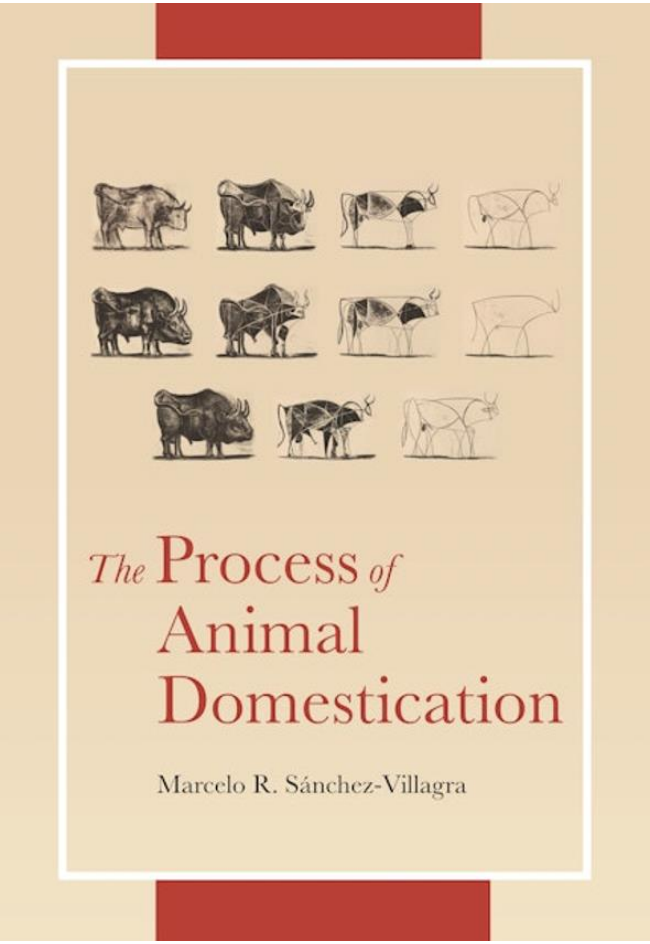


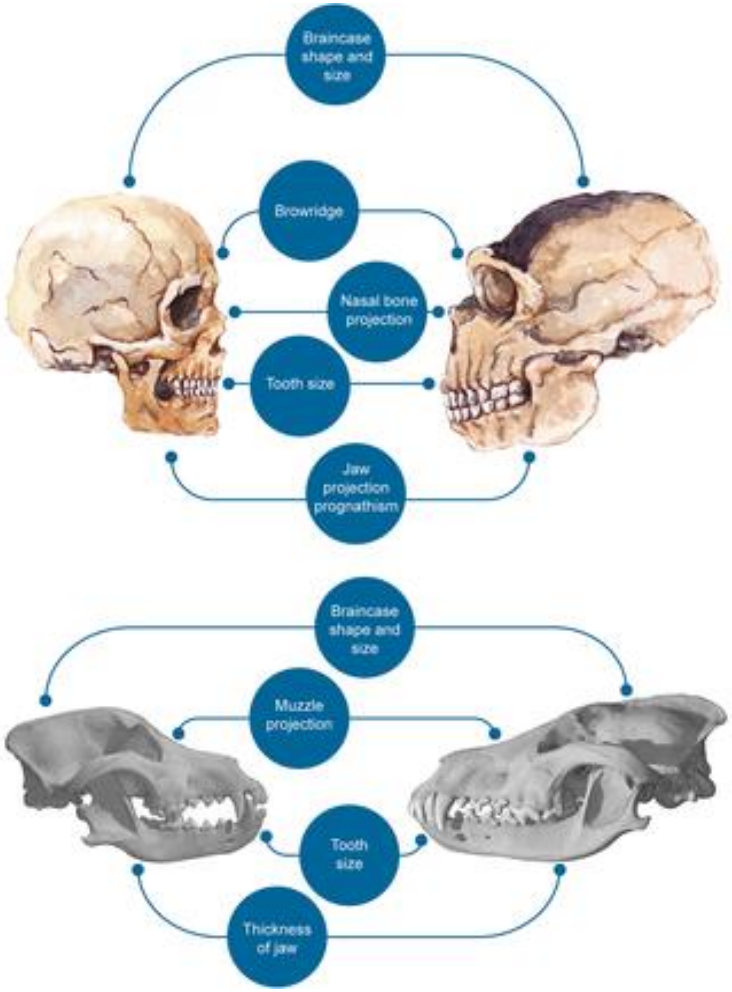
「個体発生初期の段階は、実現可能な適応の宝庫である。なぜなら、そこにはまだ、その後のアロメトリーによって失われてしまう形態や構造が無数に含まれているからである。」

グールド「個体発生と系統発生](1987)

自己家畜化（Self-domestication）

- 攻撃性の低下
- 向社会性
- 幼若期の延長



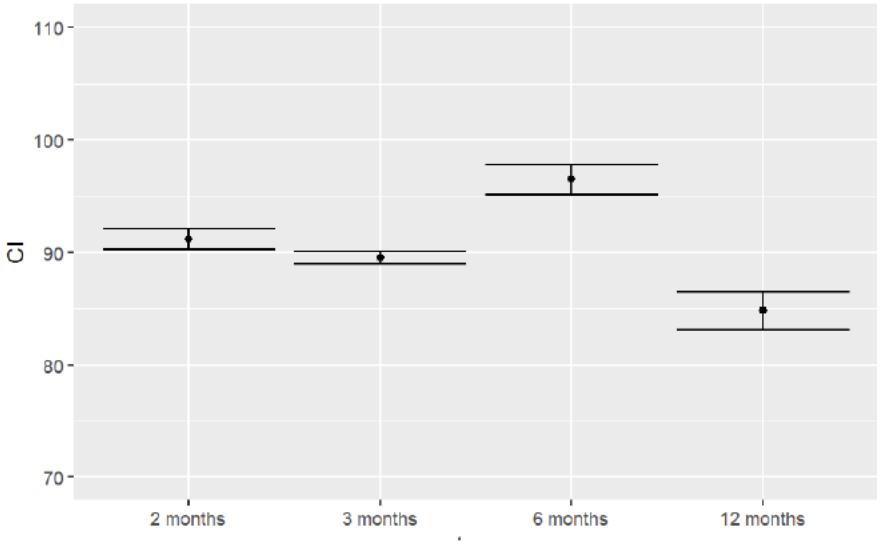


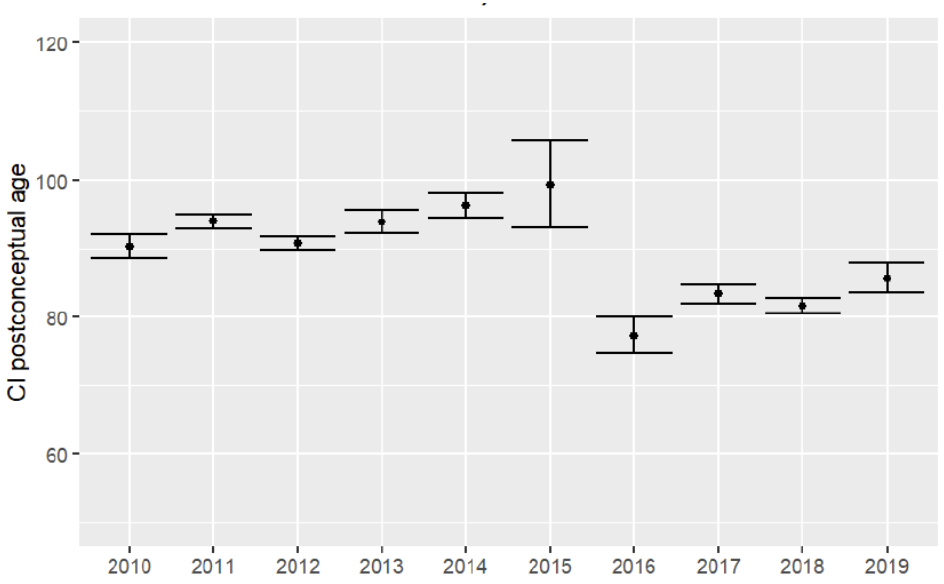
(Theofanopoulou et al. PlosOne 2017))

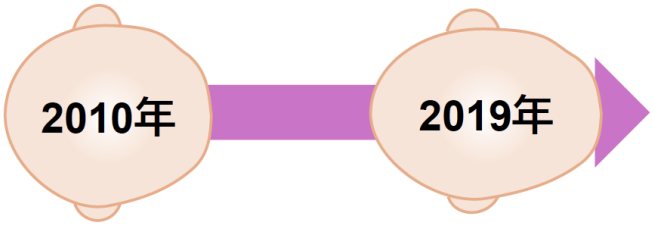
頭部形態の急激な変化？

反短頭化

cephalic index







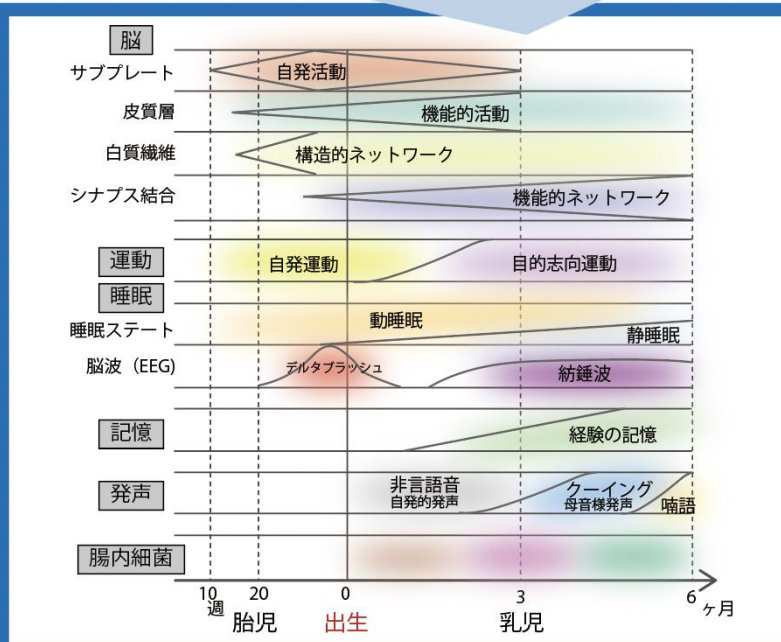
(Lee et al. in preparation)

人間形成の基礎メカニズム

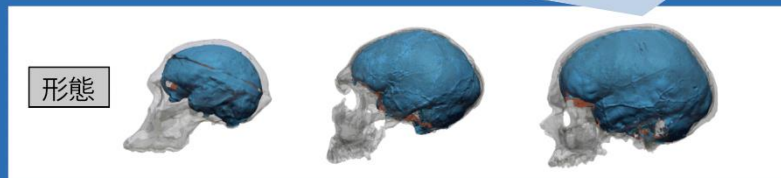
脳・身体・環境のダイナミクス

実時間
スケール

発達時間
スケール



進化時間
スケール



実時間で生成される
自発活動

⇩

主体的な個性
（生きていく）

環境との共生
（生かされる）

１　人間の脳はいかにできるか
２　個の成立
３　世界との共生
４　進化を駆動する発達
５　人間形成を捉え直す

人間形成の新しい哲学が必要

環境決定論 / 自己決定論
二元論 / 非二元論

ギリシャ哲学
プラトン、アリストテレス
　心身二元論
　環境決定論
　因果律

合理主義哲学
デカルト
　心身二元論
　身体機械論

進化論
ダーウィン
　環境による選択

サイバネティクス

情報科学

人工知能

生物学

心理学

神経科学

東洋哲学
　心身一元論
　存在論
　関係性

人間論
アクィナス
　心と物の非分離
　自己決定論
　自律性

現象学
ブレンターノ、フッサール、
ハイデガー、メルロポンティ
　志向性

プラグマティズム
デューイ
　教育、自発性

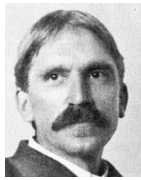
自己組織理論

複雑系理論

進化発生生物学

自発性を基盤とする個性と共生の創発の理解に寄与すると考えられる著作

「魂は身体という物体の動源である。それは然し、動く（＝動かされる）ことなくして動かすものではない。その理由の一つとしては一何ものも自ら動いている（＝動かされている）ことなしには動かすことはできないと考えられる。」
トマス・アクィナス（神学大全　第75問題）



「教育は内部からの発達であるという考え方と、外部からの形成であるという考え方との間にみられる対立によって特徴づけられている。」
デューイ（経験と教育 1928）

「生きている系は秩序の自己形成系である。情報発現系は、自己形成系の一種である。」
清水博（生命を捉え直す 1978）

「神経活動のこの唯一の根源は、子宮の内部で、胎児がその最初の志向性の発現として無目的に手足を動かすことにおいて、初めてその姿を現します。」
ウォルター・J・フリーマン
（脳はいかにして心を創るのか 1999）

「私たち生物は、いまだかつて個体として存在したことはない。」
スコット・ギルバート
（ A symbiotic view of life 2012）

自発性を基礎とするか、感覚・理性を基礎とするかで、
全く異なる哲学へと至る