［創立 60 周年記念特集：2050 年の情報処理］

⑲ 生物学と情報科学によるトランスヒューマン研究の進化

倉田博之 | 九州工業大学大学院情報工学研究院／バイオ情報学研究会（BIO）

長足の進歩を遂げた情報工学と生命科学は，次の 30 年間はどうなるであろうか．飽和して停滞するだろうか．我々の予想はまったく反対である．指数関数的進歩・進化を遂げ，普通の生活者には追い付けないような知識や技術レベルに達して，ヒトとは何かという根源的課題につきあたるであろう．ヒトの寿命延長や不死化を目指すトランスヒューマン研究が登場し，社会の様相は変化する．そこでは，2 つの研究開発が加速する（表 -1）．1 つは，ヒューマンエンハンスメントによる，機械，コンピュータ，インターネットと一体化したヒトの誕生である．もう 1 つは，生物医学，人工知能（AI），数理モデリング技術の進歩によってディジタルヒューマンがインターネット上に登場する．

ヒューマンエンハンスメントは，ヒトの肉体的，精神的限界を克服するために技術を駆使し，個人の能力や素質を高めたり更新したりすることを意味する．スマホを腕時計や眼鏡の形で身体に着用するウェアラブル化の時代から，マイクロマシンやマイクロチップを身体にインプラントする時代がくるかもしれない．常時データベース，高速計算サーバ，AI ソフトウェアにアクセスすることによって，ヒトの記憶力，計算能力，想像力が各段に強化される．人工知能 AlphaGo は，当初熟練棋士の膨大な棋譜の学習を積み重ねて世界トップ棋士より強くなった．後続の AlphaGo Zero は，ルール以外の知識をまったく与えることなく，ソフトウェア同士の対戦による強化学習によって劇的に発展した．このような AI を内蔵したヒトは，まさにエンハンスドヒューマンといえる．また，ヒトは，古来身体の損傷を補綴する義手や義足などを開発してきた．現在は，義足のパラリンピック選手が，オリンピック選手より長距離を跳躍するという事例も見られる．腎臓，肝臓，心臓，肺等の人工臓器代替技術も進歩している．その結果，人機一体の機械の体（銀河鉄道 777）やサイボーグ（サイボーグ 009）が実現するであろう．その一方で，インターネットや脳波を通して遠隔操作できるアンドロイド（ヒト代行ロボット）が登場する．高い身体能力や知能，自由に選べる容姿を備えたアンドロイドを複数体使役して，自身は安全なホームにいながら，マルチタスクを処理する時代がくる．

ディジタルヒューマンは，2 つの方向性がある（図 -1）．分子から個体までの階層的ヒト生理学に関するデータや知識を数理モデルとして表現し，遺伝子・分子レベルからヒト全身の機能を再現（コンピュータシミュレーション）できるようになる．ヒト全身の遺伝子・分子レベルのメカニズムを再現する数理モデル（Virtual Physiological Human（VPH）＝ ヒト生理学コンピュータモデル）の開発

■表 -1　情報科学と生物学によるヒトの進化（トランスヒューマン）

ヒューマン エンハンスメント	ハードウェア（身体）の強化 ●サイボーグ，アンドロイド
ディジタルヒューマン	ソフトウェアのみ抽出 ●ヒト生理学コンピュータモデル ●マインドアップロード

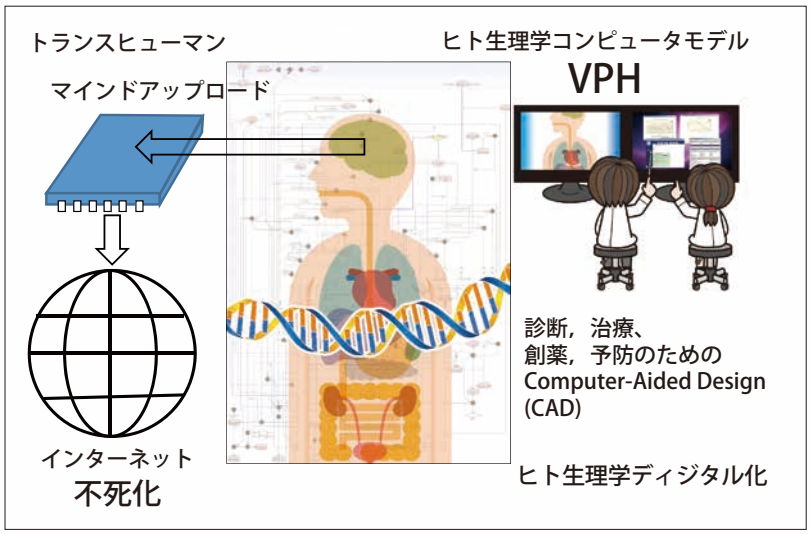
が始まっている．VPH を用いて，がんを含む重篤な病気が起こるメカニズムが解明され，診断や治療方針が決定される．VPH は，ゲノム科学，システム生物学，合成生物学の最終目標であり，医学の進歩や人類の福祉・健康の増進に貢献する．さて，映画「トランセンデンス」のようにヒトのマインドをコンピュータにアップロードすることによって，ヒトをコンピュータ内に移植できるであろうか．電気信号を処理する脳内メカニズムをそのまま電子回路で再現できると考えて，ヒトの意識（マインド）をそのままコンピュータにアップロードするというアイディアである．生物システムの仕組みを研究している筆者は，30 年後に実現するとは思わないが，過去の履歴，コミュニティや環境に関する記憶，選択や決定の指向を学習させた個人のマインドソフトウェアは登場するだろう．インターネット上では，ヒトとマインドソフトウェアを見分けることは難しく，無数のマインドソフトウェアを永続的に学習・進化させることができる．身体というハードウェアが不要となり，法律上の問題を解決する必要はあるが，ソフトウェアとしてヒトが存在できるかもしれない．たとえば，投資家は，自身の死去後マインドソフトウェアとして，インターネット上で投資活動を継続できるだろう．極端ではあるが，マインドソフトウェア同士が生存競争を始め，地球の最後まで闘い続ける世界が想像できる．

生物学と情報科学の急速な進化は，SF 小説にあるような近未来を実現しつつあるが，社会の方向性を決める技術を持つ者と持たざる者の影響力の差を拡大する．情報科学に求められることは，ヒトの存在意義やトランスヒューマン研究の価値について洞察し，社会や市民に最良の提言ができる人材を養成することである．

（2019 年 12 月 5 日受付）

■倉田博之（正会員）　kurata@bio.kyutech.ac.jp

1988 年東京大学工学部化学工学科卒業，1993 年同大大学院工学系研究科博士課程修了，2006 年～九州工業大学大学院情報工学研究院生命情報工学系教授，2012 年～九州工業大学バイオメディカルインフォマティクス研究開発センター長．



■図 -1　ディジタルヒューマン