

Title	BMIでリハビリ革命を起こす：「思い」を「行い」につなぐ
Sub Title	
Author	由利, 伸子(Yuri, Nobuko)
Publisher	慶應義塾大学理工学部
Publication year	2009
Jtitle	新版 窮理図解 No.1 (2009.) ,p.2- 3
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	研究紹介
Genre	Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001002-00000001-0002

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

BMIで リハビリ革命を 起こす

「思い」を「行い」につなぐ

1 人の男が、凍てつく雪道を黙々と歩いている。歩きづらいのだろうが、それにしても動きがぎこちない。真っ直ぐに進んだかと思えば、急に右に左に大きく曲がったり、時には後ろ向きになったりもする…。どうやら目的地は近いらしい。最後の気力を振り絞り、男は懸命に歩く。そしてついに雪山のなかにある小さな山小屋にたどり着いた。安堵のため息…。

突然、数人の若者たちが小屋から走り出てきた。そして、男を取り囲み、口々に「おめでとう！」と声をかける。男は皆の手を握りしめ「ありがとう」と力強く応える。

念じてモノを動かす BMI

駆け寄ってきた若者たちは、慶應義塾大学理工学部生命情報学科富田・牛場研究室の大学院生と学部生。山小屋にたどり着いた男は 41 歳の元システムエンジニアの K さん。じつは K さんは筋ジストロフィーを患っている。この 30 年来、手を動かしたり、足を動かしたりすることがほとんどできない。雪道を歩く男は、セカンドライフの世界での K さんのアバター（分身）。それを学生たちのアバターが取り囲んだのだ。

学生たちは、キーボードで自分のアバターを操作しているが、K さんは頭の中の「思い」で動かしている。この「念じて動かす」魔法の杖は、BMI (Brain Machine Interface)。脳科学と医学の知見、そして情報工学の技術を融合させた新しいシステムだ。その研究開発を率いているのは、牛場潤一専任講師。184cm、弱冠 31 歳の気鋭の研究者だ。

さて、K さんの頭には複数の電極が取り付けられている。「真っ直ぐ進む、右に曲がる」などのイメージを頭に描く（脳を活動させる）と、その脳波のパター

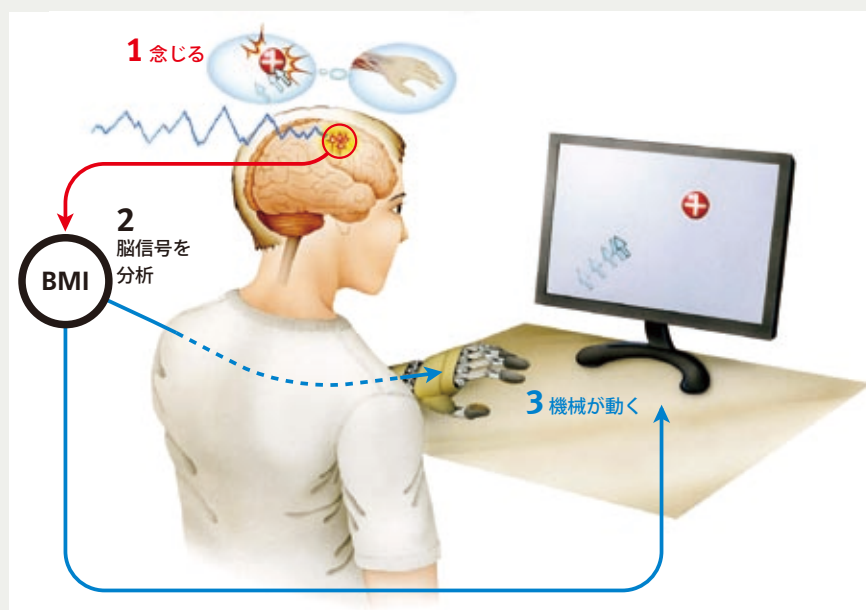
ンが電極によって信号として取り出される。これをコンピュータに入力し、バーチャル（仮想）世界のアバターを動かす。BMI を使えば、リアル（現実）世界の機器やシステムも念じて動かせる。

しかし、体が不自由で、長い間、動かさずにいると、運動イメージに沿った脳活動が起きにくく、運動に対応するきちんとした脳波が出ない。脳の活動にも“リハビリ”が必要なのだ。K さんは何度もセカンドライフに挑戦し、ついにアバターを目的地まで送り込めた。それで、富田・牛場研究室の若い仲間が祝福に駆けつけたのだ。

脳とコンピュータの研究を結ぶ

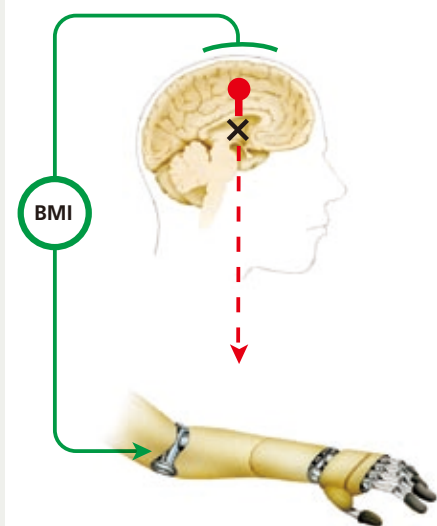
BMI プロジェクトを率いる牛場さんは、小学生でコンピュータに夢中になり、中学生で脳の不思議さに魅せられたという（4～5 ページの牛場さんのインタビューをどうぞ！）。学部の卒業研究で富田豊教授の研究室に入った時から現在まで、横浜市・日吉の理工学部で情報工学や電気工学の研究を行い、新宿区・信濃町の医学部や伊豆市・月が瀬リハビリテーションセンターで神経生理の研究を進めてきた。「脳の研究も、コンピュータの研究も、私にとっては自然な流れ。これを融合させるところに、私の立ち位置があるとずっと思っていました」。

そんな牛場さんが、まさに脳とコンピュータをダイレクトにつなぐ BMI の研究に取り組んだのは 2006 年。まず、健常な人が運動したり、運動のイメージを描いたりする時に、脳の「体性感覚運動野」（感覚や運動を司る領域）からどのような脳波が出てくるかを確かめた。体性感覚運動野には手、足、肩、胴など



BMI は、脳の運動指令を脳波から読み取り、コンピュータによって分析することで、車椅子や家電、義手、アバターなどを直接動かす。脊髄損傷や四肢切断などの患者さんの生活の質を高める技術として期待されている。

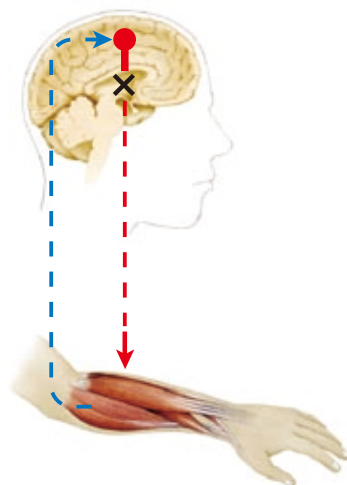
機能代償的な BMI



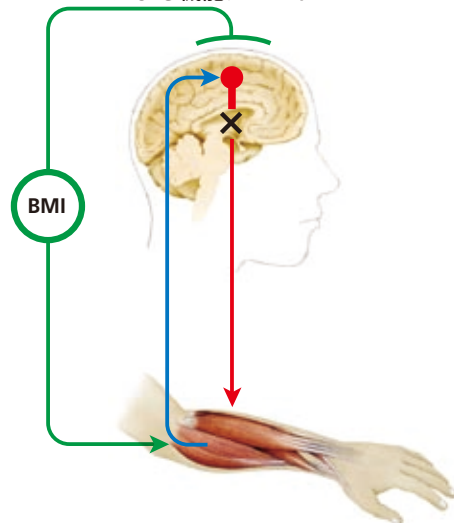
脊髄損傷などの患者さんは、脳の運動指令（思い）を筋肉（行い）に伝える経路が切れている。BMI が代替経路（バイパス）となって、思いと行いをつなぐ。

機能回復的な BMI

a. 脳卒中患者さんの状態



b. BMI による機能アシスト



脳卒中の患者さんは、脳の運動指令が筋肉に正しく伝わらず、筋肉が動かない。そのため、「筋肉から脳への感覚フィードバック」も生じない(a)。BMI を使えば、運動指令に対応して手が動くので、フィードバックが生じる。脳から筋肉へ、筋肉から脳への経路の維持が、リハビリをうながすと考えられる(b)。

それぞれの運動や感覚をコントロールする決まった場所がある。「確かに、足を実際に動かしている時と、同じような動きをイメージしている時には、運動野の同じ場所から、似たような脳波が出てきます」。

こうして運動の種類と脳波のパターンの相関データを蓄積し、これをリアルタイムで処理する方法も開発した。次いで、BMI を脊髄損傷や ALS（筋萎縮性側索硬化症）などを患い、体を動かさない人たちのコミュニケーション・ツールにしようと、冒頭で紹介した脳波でアバターを動かす課題に取り組み、わずか半年で成果を出すことができた。「10 年近く、医学部の先生たちと神経生理学の実験を行い、健康な人と体の不自由な人との運動の感覚の違いを詰めてきました。これがスムーズに進んだ要でしょう」。

BMI をリハビリの道具にする

牛場さんの頭の中には、神経科学、脳科学、情報科学、情報工学など多分野にわたる視点・知識・方法論・技術が、分野の壁にとらわれることなく蓄えられている。さらには医療現場の生の感覚も組み込まれている。そして、これらを融（ゆう）通（つう）無（む）碍（がい）に組み合わせ、深化させて、BMI の新しい地平を切り拓いてきた。その 1

つが、「手足などの体の機能を回復させる」、つまり「リハビリの道具」としての BMI という新しいコンセプトだ。

従来、医療分野の BMI は、体が不自由な人たちに対して、“手足などの体の機能を代替する”という視点で開発されてきた。しかし、体が不自由になる一番の原因は脳卒中だ。右麻痺、左麻痺など体の半分は不自由だが、もう半分は動かせるので、機能代替はあまり必要ない。また、脊髄損傷や ALS などと違い、適切なリハビリによって、機能をある程度は回復できる。「そこが重要な点で、BMI がリハビリの役に立つと、ある時、直観しました」。

脳活動と行動の連係をはかる

早速、BMI のシステムを組み、医学部との共同実験を開始した。この BMI リハビリシステムでは、麻痺した手をモーターの入った箱の上に固定する。患者さんが指を伸ばそうと念じると、その脳波の信号が BMI を通してモーターに伝わり、モーターが動いて指が伸ばされる。ただし、脳波のパターンが指を伸ばすものと一致しないと、つまり正しい脳活動が生じないと、モーターのスイッチは入らない。

何年も麻痺したままだと、最初はうま

くない。麻痺した手のイメージを頭の中で描きにくい。頑張っ（けんが）って（て）念（ね）じよう（う）とすると、麻痺していない方（かた）に変（へ）な（な）力（ちから）が入（い）って、脳波（のうは）のパターン（ぱた）ん（ん）が（が）変（へ）わ（わ）っ（て）し（し）ま（ま）う（う）。「試（し）行（ぎやう）錯（さく）誤（ご）し（し）て（て）い（い）る（る）う（う）ち（ち）に（に）、リラッ（り）ク（く）ス（す）し（し）な（な）が（が）き（き）ち（ち）ん（ん）と（と）念（ね）じ（じ）ら（ら）れ（れ）る（る）よ（よ）う（う）に（に）な（な）り（り）ま（ま）す（す）…」。学（がく）習（しゆ）で（で）す（す）ね（ね）。こ（こ）う（う）し（し）て（て）脳（のう）が（が）リ（り）ハ（は）ビ（び）リ（り）さ（さ）れ（れ）る（る）と（と）、筋（きん）肉（にく）に（に）も（も）変（へ）化（か）が（が）生（は）じ（じ）る（る）。BMI リハビ（り）リ（り）以（も）前（ぜん）に（に）は（は）、ま（ま）っ（た）く（く）筋（きん）活（かつ）動（どう）の（の）電（でん）位（い）が（が）出（で）て（て）い（い）な（な）か（か）っ（た）手（て）の（の）筋（きん）肉（にく）に（に）、BMI リハビ（り）リ（り）で（で）指（さし）を（を）伸（の）ば（ば）そ（そ）う（う）と正（ただ）し（し）く（く）念（ね）じ（じ）た（た）時（とき）に（に）は（は）電（でん）位（い）が（が）検（けん）出（しゅつ）さ（さ）れ（れ）る（る）。

こうした訓練（くんれん）の結（け）果（くわ）、指（さし）の（の）動（どう）き（き）が（が）わ（わ）ず（ず）か（か）だ（だ）が（が）よ（よ）く（く）な（な）っ（た）と（と）感（かん）じ（じ）る（る）患（わん）者（しや）さん（さん）や（や）、麻（ま）痺（ひ）し（し）た（た）側（がわ）を（を）積（せき）極（ごく）的（てき）に（に）使（し）お（お）う（う）と（と）意（い）識（し）す（す）る（る）よ（よ）う（う）に（に）な（な）っ（た）患（わん）者（しや）さん（さん）な（な）ど（ど）が（が）出（で）て（て）き（き）た（た）。今（いま）、世（よ）界（かい）の（の）BMI の（の）趨（き）勢（せい）は（は）、リ（り）ハ（は）ビ（び）リ（り）に（に）向（む）け（け）て（て）動（どう）き（き）だ（だ）し（し）て（て）い（い）る（る）が（が）、BMI が（が）リ（り）ハ（は）ビ（び）リ（り）に（に）効（くわ）果（くわ）が（が）あ（あ）る（る）こ（こ）と（と）を（を）最（さい）初（しよ）に（に）証（しやう）明（めい）し（し）た（た）の（の）が（が）牛（うし）場（ば）さん（さん）た（た）ち（ち）だ（だ）。

今後（きんご）の（の）研（けん）究（きゆう）に（に）つ（つ）い（い）て（て）、① BMI リハビ（り）リ（り）で（で）は（は）ど（ど）う（う）い（い）う（う）仕（し）組（ぐ）み（み）で（で）回（くわい）復（ふく）し（し）て（て）い（い）る（る）の（の）か（か）を（を）明（めい）ら（ら）か（か）に（に）す（す）る（る）、② その（その）知（ち）見（けん）を（を）も（も）と（と）に（に）、も（も）っ（と）効（くわ）率（りつ）的（てき）な（な） BMI リハビ（り）リ（り）シ（し）ス（す）テ（て）ム（む）を（を）つ（つ）く（く）る（る）、③ 患（わん）者（しや）さん（さん）が（が）リ（り）ハ（は）ビ（び）リ（り）の（の）道（みち）具（ぐ）と（と）し（し）て（て）容（よう）易（い）に（に）使（し）え（え）る（る）よ（よ）う（う）に（に）安（やす）く（く）す（す）る（る）こ（こ）と（と）を（を）あ（あ）げ（げ）て（て）い（い）る（る）。その（その）実（じ）現（げん）に（に）向（む）か（か）っ（て（て）、牛（うし）場（ば）さん（さん）の（の）ド（ど）ラ（ら）え（え）も（も）ん（ん）の（の）ポ（ぽ）ケ（け）ット（と）の（の）よ（よ）う（う）な（な）頭（がう）脳（のう）か（か）ら（ら）、今（いま）度（ど）は（は）何（なに）が（が）飛（と）び（び）出（で）し（し）て（て）く（く）る（る）の（の）だ（だ）ろ（ろ）う（う）か（か）？ （取材・構成 由利伸子）