

TRENDS in Cognitive Science, Volume 9, Issue 6, pp.290-295.

## Conscious intention and motor cognition

Patrick Haggard

### Introduction

Wittgenstein 曰く、「私が腕を上げることから私の腕が上がるということを差し引いたなら何が残るか？」 [1]

Searle [2] による意図の区別

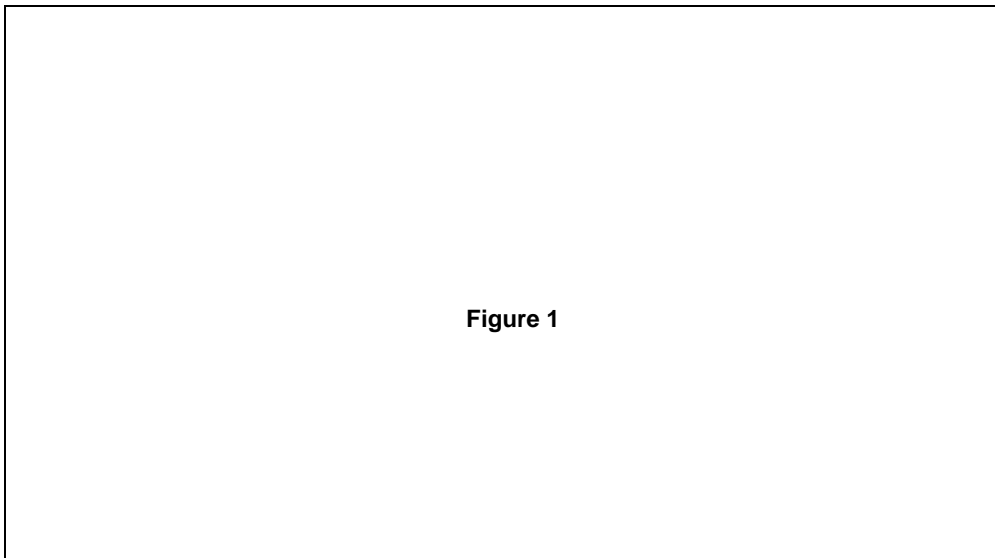
- ・ 事前意図 prior intention 例) 今晚友達に電話をしようという意図
- ・ 行為内意図 intention-in-action 例) 電話に手を伸ばしている過程で起こっている意図

本稿は単純な手の動きに関する意識状態 (Searle の言うところの行為内意図) を調べた実験室研究のレビューである。

私たちの行為の基盤にある情報処理の多くは「自動的」である。私たちは行為という氷山の一角にしか気づいていない。この氷山に関して私たちがよく経験している2つのキーポイント

- ・ 行為しようという自分自身の意図
- ・ 自分の行為が外部世界にある結果を引き起こすという感覚 = 動作主性 agency

目標指向的な行為の制御に関する近年の計算モデル[3] 図式は Figure 1



**Figure 1.** 行為の計算論的フレームワーク . [37]に基づく . Aは運動選択後の箇所です , ここで意図の意識的自覚が生じるだろう . Bは遠心性コピーと予測されたフィードバックと感覚情報の統合で , これが動作主感覚に至るだろう .

望まれる目標があるとして、プランナー（もしくは逆モデル）が適切な運動命令を選択。運動命令は筋肉に送られ、それと同時に遠心性コピーが内的な予測モデルに送られる。予測モデルは運動命令の結果を推定する。フィードバックは実際の運動に関するさらなる情報を提供するが、それには感覚伝達に関する遅延が伴う。予測モデルはこの遅延をバイパス（回避）し、より急速な調整とそれによる滑らかな運動を可能にする。

このフレームワークは主観経験ではなく運動パフォーマンスの説明のためにデザインされたのだが、行為制御のどのコンポーネントが意識的でどれが無意識的なのかという問いを考える上でも価値がある。・・・後々対応づけが登場

研究者たちは脳の行為準備を「自由意志」という哲学概念と関係づけようとしてきた。

Descartes 曰く「心は行為を選択し、脳を通じて身体に因果的影響を及ぼし、選択した行為を遂行させる」

この行為概念は近代科学の多くに深く埋め込まれており、私たちの素朴心理学の重要部分である。しかしこれは、強い二元論であり心身因果を意味するので、現代神経科学とは整合しない（Box 1 を参照）。ほとんどの神経科学者は、意識経験は脳活動の原因ではなく結果であると信じている。

意識的意図の神経基盤は意識的知覚の神経基盤ほど研究されて来なかった。

それには少なくとも3つの理由がある。

1. 実験主義者は古典的精神物理学の方法で刺激を操作しどのように知覚表象が変わるかを見ることで知覚を調べることができたが、意図的行為のシステムへのインプットをそのように制御することはできない。唯一、意図的行為を行うよう教示することが意図を研究する弱く間接的な手段だった。
2. 意図の意識経験はかなり貧弱で捉えがたい。たいてい視覚現象のような vivid な質感がない。
3. 20 世紀心理学で優勢だった行動主義[9]は行為を環境刺激への条件付け反応と見なし、意図の概念を信用しなかった。

trend は今や逆になり、神経科学者は行為の意識経験と特定の脳プロセスの体系的関係を実証してきた。また、哲学者は行為の生成と現象的内容についての概念的問いを明確化するために神経科学的データを用いてきた。

人間の行為は、即時的な刺激への反応からより長期範囲の行為までのスペクトルから成り、前者は「自動的」と呼ばれ、後者は意図的と呼ばれる。

意図的行為は即時的刺激にはほとんど依存せず、課題文脈や前もって学習された連関の記憶に大きく依存する。典型的には、その選択に先立って計画や熟慮といった努力の必要な認知過程があり、その準備や実行には注意が要求され、その結果は将来の学習のためにモニターされる。

**Box 1. Benjamin Libet and mind–body causation**

## Neural correlates of conscious intention

脳の準備活動 と 意図の意識経験 との関係はどうなっているか？

デカルト的の二元論者によれば、意識的意図が脳活動を引き起こす。

Libetの研究 ( Box 1 参照 ) によれば、意識的意図は脳の準備活動が開始した後で意識的意図が発生しているので、意識的意図が行為を引き起こすことはできない。

2つの可能性が残る。

- ・意識的意図は心的因果についての幻想の一部であり、行動を説明するために回顧的に推論される。 [10]
- ・意識的意図は行為を準備する脳プロセスの直接の結果であり、神経活動の意識的な相関物である。 [11]

Libet の手法を用いた最近の研究は後者の結論「運動野の準備的活動が行為を開始し、相関物として意図の意識的感覚を生み出す」を支持している。

Lau *et al.*[12]は意識的意図の時間の報告 ( Libet の W 判断 ) における脳活動を fMRI で調べた ( W 条件 ) 。 統制条件では、同じ自発的行為を行わせ、意図ではなく行為自体の時間を判断させた。 内的に生成された行為のプロセスは共通だが、W 条件では統制条件よりも意識的意図とその神経基盤について強調し目立たせていると仮定される。 結果として、W 条件のほうが補足運動野と頭頂間溝においてより大きな活動が見られた。

Sirigu *et al.*[8]は小脳や頭頂に障害のある患者に同じことをさせた。 行為の時間の自覚は似通っていたが、意識的意図の自覚においては頭頂に障害のある群だけは他の群に比べて遅れが見られ、行為自体のすぐ直前に意図を意識していた。

これらの結果は「前頭葉と頭頂葉が連帯して回路を形成し、行為より前に運動計画を精緻化しモニターし、このシミュレーションの一部として意図の意識経験を生み出す」という見解と一致している。

## Action generation

自発的行為はしばしば、明確な下位コンポーネントを示すことなく、単一の心理学的プロセス、とされる。ほとんどの研究は、行為の意識経験を単一の経験で単一の基礎的神経プロセスに結びつけている、と見ている。

この単一的な見方は、行為生成の2つの重要な特徴で説明される。

1. 行為はある目標を目指しているように思われ、あたかも意図から意図された結果に至るために目的論的に引き出されるかのようである。

James はこの特性を指して観念運動 ideomotor という言葉を用いた[13]。 imitation performance [14]や reaction performance [15]の最近の研究はこの目標指向性を定量化しているが、直接的に意識的意図に関連づけてはいない。

2. 自発的行為中のすべての段階は情報拡張の過程を伴う。

計算論的運動制御[16]では、行為は比較的単純な目標の記述 ( 例. 立ち上がりたい ) から始まる。脳はこのタスクレベルの表象を、すべての筋と関節の正確な運動量を特定するほどの極めて詳細な動作パターンに拡張せねばならない。この情報を生成するのは計算論的にきつく、脳の策はおそらく運動

システムの階層的組織にあって、運動の詳細は運動システムの可能な限り低いレベルで決められており、最も高いレベルのみが意識に上る。

例えば Libet の方法では、意識的意図は、適切なある瞬間として特定され得るもので、それは生成的神経プロセスの閾値に対応し、準備電位によって測定される、ということを仮定している。

しかし、脳プロセスも意識経験もいくつかの別々のコンポーネントを持っているかもしれない。例えば、哲学者は意志 will の 2 側面を区別する[17]

- ・ 内的生成 ... 決意された行為を反射のような不随意的反応とは区別する性質。
- ・ 可能な行為の選択肢からの選択 ... ある種の選択過程は「自由な行為」の概念に必須である。

## Action selection

Haggard & Eimer [7]

Libet パラダイムの修正版を用いて選択と意識的意図の関係を調べた。

各試行で被験者に右手を動かすか左手を動かすかを自由に選択させた。そして、各被験者の試行を遅い W 判断を得たものと早い W 判断を得たものに分け、この区分と電位の時間変動が関連するような部分を探した。準備電位の開始時間は W 判断の時間とは関連しなかった。これは Libet の仮定と相反する。しかし、左手か右手かの選択は偏側性準備電位(LRP)と関連し、選択した手と反対側の脳半球の活動が同じ側の活動より大きかった。また、早い W 判断の試行のほうが遅い W 判断の試行よりも LRP の開始が有意に早かった。

この結果から、意識的意図は、

- ・ 一番早い神経的準備活動とは結びついていないが、特定の運動を実行するための特定の準備活動とは結びついている。
- ・ 選択過程の後で、選択された行為のための特定の運動命令の作成のうちに生じる。
- ・ 運動制御モデル ( Figure 1 ) における **A** の段階に位置づけられる。

ほかに「自由」選択に無意識的過程が伴っていることを確証した研究がある。

Ammon & Gandevia[18]

補足運動野を TMS で刺激すると左手か右手かの選択に有意にバイアスがかかったが、被験者は選択が変えられたことに気づいていなかった。

Brasil-Neto *et al.*[19]

GO サインが出たときに左手か右手かを選択させ、そのとき同時に TMS パルス運動野に与えた。GO サインから 200ms 以内の行為では、TMS パルスと反対側の手が多かったが、もっと遅い行為では影響はなかった。

総じて、哲学者がしばしば「自由意志」のコアと考える「行為の選択過程」は自動的で無意識的に行われる routine な過程の結果であり得る。

## Dual contents of intention: urge and effect

実験研究は一般に自発的行為をキー押しに限ってきた。これは私たちが**なぜ**行為を行うかという理由を無視している。現実生活では、行為は環境における目標事象を達成することを目指しており、そのような事象は一般に報酬的価値がある。それ故、意図の心理学が報酬と動機づけの心理学とは大部分独立に発展してきたことは驚き（しかし[21]も参照）。

意図の主観経験は2つのコンポーネントを含んでいる

- ・ 運動的で、自己中心的で、内的なコンポーネント ... urge  
おそらく Libet の W 判断や、補足運動野を刺激したときの感覚（Box 2）と対応する。
- ・ 目標状態の予測に関係し、感覚的で、目標位置を中心とした外的参照枠を用いるコンポーネント。この意図の経験は目標に向かった目的論的なもの。... effect

### Box 2. Cortical stimulation and conscious intention

一般に、2つ目の、目標に関連したコンポーネントのほうが研究しやすい。

James の観念運動理論[13]は外界における行為の結果を強調する。行為それ自体はその結果よりも私たちの精神生活において重要ではない。Prinz の観察[23]「行為の主観経験は近位の運動命令でなく遠位の世界に結びつけられている」も同様。

この点に関して特に強力な例は、他者の行為の知覚、である。

模倣の研究によれば、人は典型的に他者の目標を模倣し、それを達成するのに用いた運動を模倣するのではない。[24]

手の行為の実行や観察においても、人はターゲットに向かって予測的な眼球運動をする。人は目標を予測するのであり、それ故、目標のほうが行為の視覚経験よりも優勢である[25]。最近の実験によれば[26]、単純なリアクションの結果についての閾下プライミングでその結果のコントロールの感覚が増える。プライミングはおそらく行為の結果を表象する事前の思考を強化し、コントロールの知覚をより大きくする。

### **The 'sense of agency': an effect aspect of intention**

agency 感覚 ... 「『私』が外部世界の事象をコントロールしている」という反省的感覚。

自分自身の身体運動のコントロールはその限られた場合である。

agency 感覚は、2つ目の、意図の効果に関連した側面から生じ、論理的に衝動 urge の経験（いまにもしそうであること）とは区別できる。

例えば、衝動 urge の側面は本当の行為なしでも生じる（Box 2 を参照）が、agency 感覚は通常そうではない。

ブレイン-ロボット インターフェイスの研究が発展すれば、身体行為が無い場合の衝動と結果の組み合わせで agency 感覚が生じ得るか、という面白い研究ができるだろう。

Wegner[10,27]は agency を心的因果の幻想だと考えた。

Wegner の言う agency の3つの条件は、

- ・ 先行性 priority ... 行為の前に意識的思考をもつこと
- ・ 一貫性 consistency ... 思考内容の事象が一貫して思考の後に生起すること。
- ・ 排他性 exclusivity ... 他にもっともらしい原因が無いこと。

これらがそろえば、私たちは自分自身がその事象を引き起こしたと感じる。

これは、Hume の因果に関する懐疑論的見解[28]と Michotte の因果的印象に関する見解[29]との組み合わせ。

Wegner の見解は agency の事後的再構築を強調していて、目標予測の側面とは対立する。確かに、人は、実際に関係の無い事象間の連関の繰り返しをもとに agency を誤って推論する。

迷信的行為が日常からのよい例で、そういう信念は自分の行為がそれに続いてポジティブな事象を導くと推論するからこそ生じるのかもしれない。

## Wegner & Wheatley [30]の実験

カーソルの動き(実際には他の人によって行われている)を見る直前にある考えをプライミングすると、その動きを自分自身のものだと帰属するようになる。

適切に上の条件を満たせば、人は実際には引き起こしていない事象のコントロールを経験する。

## 自己認識の実験[31]でも同様の結果

ある行為(他者のもの)の視覚フィードバックが自分自身の動きと対応しているかどうかを判断させる。

もし Wegner の agency の再構築主義を受け入れるなら、同様に意識的意図についても再構築主義的であるべきではないのか？

もし心が「私が外的事象を引き起こしている」という幻覚を生み出すなら、「私がある行為を行おうという事前の意図を持っている」という幻覚もまた生み出せて然るべきでは？

Anarchic Hand Syndrome(AHS)に関する Marcel の最近の議論[32]では、答えは No。

AHS では、前頭葉と脳梁に障害のある患者が環境の手がかりに対してうまくまとまった反応をするが、それらの行為は患者の意志に反していて、前もった意識的意図なく生起する。

Della Sala *et al.*[33]は、ドリンクを飲む前にそれを冷たいままにしておきたいとコメントしているにも関わらず、カップをつかもうと手を伸ばす患者の例を報告している。

Marcel 曰く、行為が「私」に属するには2つの方法があって、それを「行為の所有権」と「行為のソースの所有権」と呼んでいる。これは、大雑把に、行為の結果 effect と衝動 urge の側面と対応する。

AHS 患者は、つかもうとする不随意的な運動が自分のものだと明確に認識しているが、その行為のソースが「私」だということは受け入れない。

すなわち、自分のものだと受け入れている行為の原因としての役割を満たすはずの「意識的意図」を、患者は再構築していない。

よって、意図は単に行為から回顧的に推論されるものではない。

agency 感覚は身体や外界の事象の情報と遠心性シグナルの統合が必要だと思われる (Figure 1 のフレームワークでの B)。

## Linking actions to effects

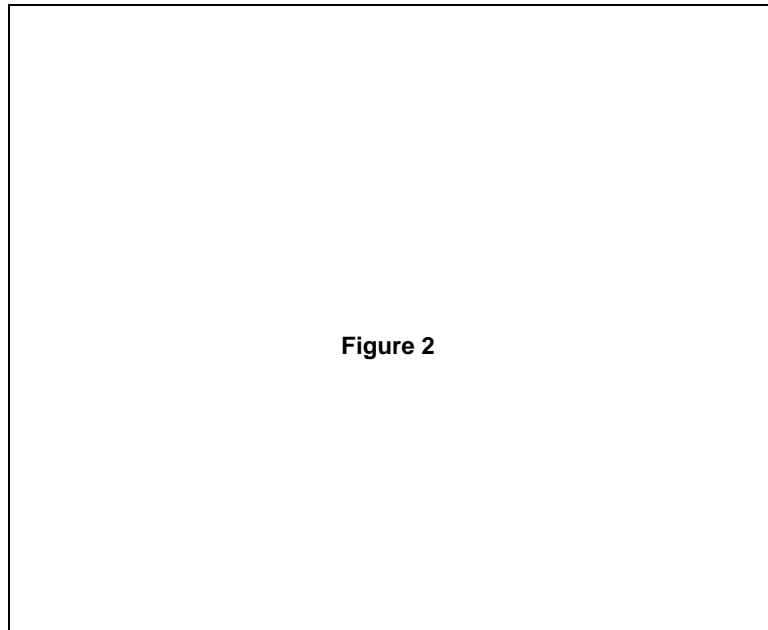
最近の精神物理学的研究では意図の衝動 urge と効果 effect の側面をリンクさせている。

これらの研究は、コントロールの知覚について直接に尋ねるのではなく、意図的行為が行為の結果の主観的時間にどのように影響するかを調べている。

## Haggard *et al.*[34] Figure 2

被験者に、自分の行為の時間の知覚と、行為のちょうど 250ms 後で起こる外的感覚的事象(ビーブ)の時間の知覚を答えさせた。これらの時間推定をベースラインと比較すると、意図的行為の条件では2つの時間推定の間隔が狭まって感じられ、TMS で筋を動かした条件では間隔が広がって感じられた。





**Figure 2.** Intentional binding between voluntary actions and their effects. . . .

この結果は、意図的行為と自分の生み出した外的事象とを**バインド**する心的過程があることを示している。

外的事象についての agency の経験は、行為と結果の機能的連関を学習するという進化的に古い能力の上部構造を意味している(らしい)。

#### Haggard & Clark [35]

バインディング効果が Wegner の agency 幻想に似た事後的再構築と関係しているかどうかを調べた。キー押しをすると後からピーブが鳴るのだが、いくつかの試行で TMS によって意図的行為の準備状態を中断させ、キー押しの指で不随意運動を起こした。このときも同様に後からピーブが鳴った。統制条件では、TMS とピーブが同時に起こり、事前の意図はなかった。この場合、両条件間でピーブの時間の知覚に差は見られなかった。

意図(完遂されない)と意図された結果との単なる連動ではバインディングには不十分である。 . . . 再構築主義に反する

バインディングが起こるためにはむしろ、時間的に的確な方法で意図が結果と関係づけら

れなければならない。

従って、効果の側面は、再構築なのではなく、前構築あるいは運動予測であるように思われる。

## **Conclusions and future directions**

意図は複雑で捉えにくく、あるいは再構築的推論が関係しているかもしれない。しかし、意図は運動野の活動の直接的結果として生じる。補足運動野が意図に関して特に重要な場所であり、前頭葉と頭頂葉が連帯して運動命令を生み出し、モニターし、洗練する。この神経過程が行為内意図の意識経験をもたらす。将来の研究は患者研究と TMS 研究が特に生産的。

意図の主観経験は外界事象が自分の行為とリンクしていたかどうかを認識させ、それゆえ agency 感覚が得られる。自発的行為がどのように身体や外界に様々な結果を生み出すかに関する予測モデルを運動システムが保持しており、運動予測が外界事象の時間の知覚や magnitude の知覚[36] に影響を及ぼす。agency 感覚はおそらく経験を通じて獲得されるが、いったん獲得されれば、心は自己生成したものとそれ以外の事象を区別して、それらに異なった主観経験を与える。

意図の主観的時間は、時間が様々な事象間で自覚を比較するための測度となることから、価値のある実験ツールだ。しかし、意図の現象的内容は実験的には研究しにくい。行為の結果がいつどのように表象されるかを調べるための信頼性のある精神物理学的手続きが今後重要。

## References

- 1 L. Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, Basil Blackwell (1958).
- 2 J.R. Searle, *Intentionality*, CUP (1983).
- 3 S-J. Blakemore *et al.*, Abnormalities in the awareness of action, *Trends Cogn. Sci.* **6** (2002), pp. 237–242.
- 4 B. Libet *et al.*, Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential). The unconscious initiation of a freely voluntary act, *Brain* **106** (1983), pp. 623–642.
- 5 B. Libet, Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action, *Behav. Brain Sci.* **8** (1985), pp. 529–566.
- 6 J.A. Trevena and J. Miller, Cortical movement preparation before and after a conscious decision to move, *Conscious. Cogn.* **11** (2002), pp. 162–190.
- 7 P. Haggard and M. Eimer, On the relation between brain potentials and the awareness of voluntary movements, *Exp. Brain Res.* **126** (1999), pp. 128–133.
- 8 A. Sirigu *et al.*, Altered awareness of voluntary action after damage to the parietal cortex, *Nat. Neurosci.* **7** (2004), pp. 80–84.
- 9 B.F. Skinner, *Science and Human Behavior*, Macmillan (1953).
- 10 D.M. Wegner, The mind's best trick: how we experience conscious will, *Trends Cogn. Sci.* **7** (2003), pp. 65–69.
- 11 C. Koch, *The Quest for Consciousness*, Roberts & Co (2003).
- 12 H.C. Lau *et al.*, Attention to intention, *Science* **303** (2004), pp. 1208–1210.
- 13 W. James, *The Principles of Psychology*, Henry Holt (1890).
- 14 A. Wohlschlagel *et al.*, Action generation and action perception in imitation: an instance of the ideomotor principle, *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* **358** (2003), pp. 501–515.
- 15 B. Elsner and B. Hommel, Effect anticipation and action control, *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* **27** (2001), pp. 229–240.
- 16 E. Saltzman, Levels of sensorimotor representation, *J. Math. Psychol.* **20** (1979), pp. 91–163.
- 17 T. Honderich, *How Free are You? The Determinism Problem* (2nd edn), Oxford University Press (2002).
- 18 K. Ammon and S.C. Gandevia, Transcranial magnetic stimulation can influence the selection of motor programmes, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* **53** (1990), pp. 705–707.
- 19 J.P. Brasil-Neto *et al.*, Focal transcranial magnetic stimulation and response bias in a forced-choice task, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* **55** (1992), pp. 964–966.
- 20 I. Fried *et al.*, Functional organization of human supplementary motor cortex studied by electrical stimulation, *J. Neurosci.* **11** (1991), pp. 3656–3666.
- 21 P.M. Gollwitzer and B. Schaal, Metacognition in action: the importance of implementation intentions, *Pers. Soc. Psychol. Rev.* **2** (1998), pp. 124–136.
- 22 P. Haggard, Conscious intention and the sense of agency. In: N. Sebanz, Editor, *Disorders of Volition*, Oxford University Press (2005).

- 23 W. Prinz, Why don't we perceive our brain states?, *Eur. J. Cogn. Psychol.* **4** (1992), pp. 1–20.
- 24 H. Bekkering *et al.*, Imitation of gestures in children is goal-directed, *Q. J. Exp. Psychol. A* **53** (2000), pp. 153–164.
- 25 J.R. Flanagan and R.S. Johansson, Action plans used in action observation, *Nature* **424** (2003), pp. 769–771.
- 26 Aarts, H. *et al.* On the inference of personal authorship: enhancing experienced agency by priming effect information. *Conscious. Cogn.* (in press).
- 27 D.M. Wegner, *The Illusion of Conscious Will*, MIT Press (2002).
- 28 Hume, D. (reprinted 1975) *Enquiry Concerning Human Understanding*, Clarendon Press.
- 29 J. Michotte, *The Perception of Causality*, Methuen (1962).
- 30 D.M. Wegner and T. Wheatley, Apparent mental causation: sources of the experience of will, *Am. Psychol.* **54** (1999), pp. 480–492.
- 31 E. Daprati *et al.*, Looking for the agent: an investigation into consciousness of action and self-consciousness in schizophrenic patients, *Cognition* **65** (1997), pp. 71–86.
- 32 A.J. Marcel, The sense of agency: awareness and ownership of actions and intentions. In: J. Roessler and N. Eilan, Editors, *Agency and Self-Awareness*, Oxford University Press (2005).
- 33 S. Della Sala *et al.*, Right-sided anarchic (alien) hand: a longitudinal study, *Neuropsychologia* **29** (1991), pp. 1113–1127.
- 34 P. Haggard *et al.*, Voluntary action and conscious awareness, *Nat. Neurosci.* **5** (2002), pp. 382–385.
- 35 P. Haggard and S. Clark, Intentional action: conscious experience and neural prediction, *Conscious. Cogn.* **12** (2003), pp. 695–707.
- 36 M. Tsakiris and P. Haggard, Awareness of somatic events associated with a voluntary action, *Exp. Brain Res.* **149** (2003), pp. 439–446.
- 37 D.M. Wolpert and R.C. Miall, Forward models for physiological motor control, *Neural Netw.* **9** (1996), pp. 1265–1279.