

基
専

3 ヒューマンプローブ： 人をセンサとして使う

戸辺義人 (青山学院大学)



ヒューマンプローブとは

センサネットワークのさまざまな試みがなされる中で、固定設置型のセンサではなく、移動型のセンサを使うという発想が生じてきた。この発想を延長すると、人が持ち運ぶ携帯デバイスからセンサで取得された情報が発信されたり、人が知覚したことがテキストとして発信されるという形態で、「移動型のセンサ」が実現できると考えられる。このように人を介して実世界の情報を収集する仕組みをヒューマンプローブと呼ぶこととする。

人の何を活用するのか

北本が分類した、HaaV (Human-as-a-Vehicle)、HaaS (Human-as-a-Sensor)¹⁾ をベースに、これまでに研究発表されたものおよび今後の可能性があるものを列挙してみる。図-1は、制御理論の教科書に出てくるフィードバック制御のブロック図である。この図において、検出部がセンシングであり、検出部に人がかかわるとヒューマンプローブとなる。図-2は、HaaV、HaaSをさらに分類してみたものである。

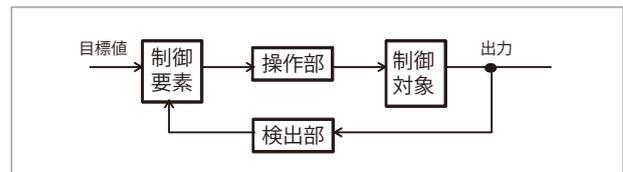


図-1 フィードバック制御

→ HaaV

人間に情報センシング機能は要求されず、人がセンサを持ち運ぶことが意味がある。図-1の検出部は、マイク、加速度センサといった我々がふだん「センサ」と呼ぶ部位や部品に相当する。人が乗り物に乗る場合も含めるが、センシング機能を有するデバイスを人が身に着けているというだけであり、車、バス、船、航空機に装着されたセンサを用いるモバイルセンサとは異なり、センサ運搬者としての機能が期待される。

典型的な例として、P. Zhou等のバス到着時刻推定システム²⁾ (図-3)を見てみる。あらかじめ、バスの路線図と携帯基地局IDとが与えられているという前提で、スマートフォン利用者の位置情報の推移からバスの動きを外挿し、到着時刻を推定する。「バスに乗り込む」動作の認識は、Ubicompコミュニティで長年に渡り培われてきた加速度信号に頼らず、バス乗車時のICカードをタッチする音から識

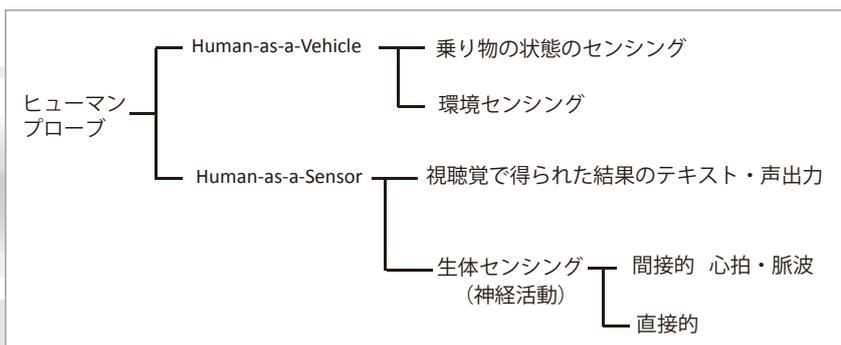


図-2 ヒューマンプローブの分類

3 ヒューマンプローブ：人をセンサとして使う

別する。加速度信号は、バス乗車か電車乗車かの区別にのみ用いる。多くの人がさまざまな場所で乗車し、下車する。そうした多くの人の移動軌跡から、バスそのものの動きをみるということになる。人はこのスマートフォンを運ぶところに意義がある。

別の例として、筆者らが進めている YKOB³⁾ では、自転車を運転する人が装着するスマートフォンの加速度信号から体の動きと路面状態を分離して、路面状態を抽出する(図-4)。NoiseMap^{☆1)} は、市民がスマートフォンで騒音レベルを録音し、位置情報と関連付けることにより、市内の騒音マップを作成するものである。

→ HaaS

HaaS では、図-1 のフィードバックループにある検出部は「人」となる。簡単な例を挙げると、人が見たもの、聞こえてきたもの、つまり、視覚、聴覚で捉えられたものがテキストとして発信される。発信の手段は、マイクロブログであったり、Web 入力であったり、形態はまちまちであるが、「人」による解釈が加えられた情報が出てくる。NoiseMap では、マイクで拾われた音の強さであるのに対し、ニューヨーク市が提供する NYC311 には、「騒音がうるさい」といった苦情

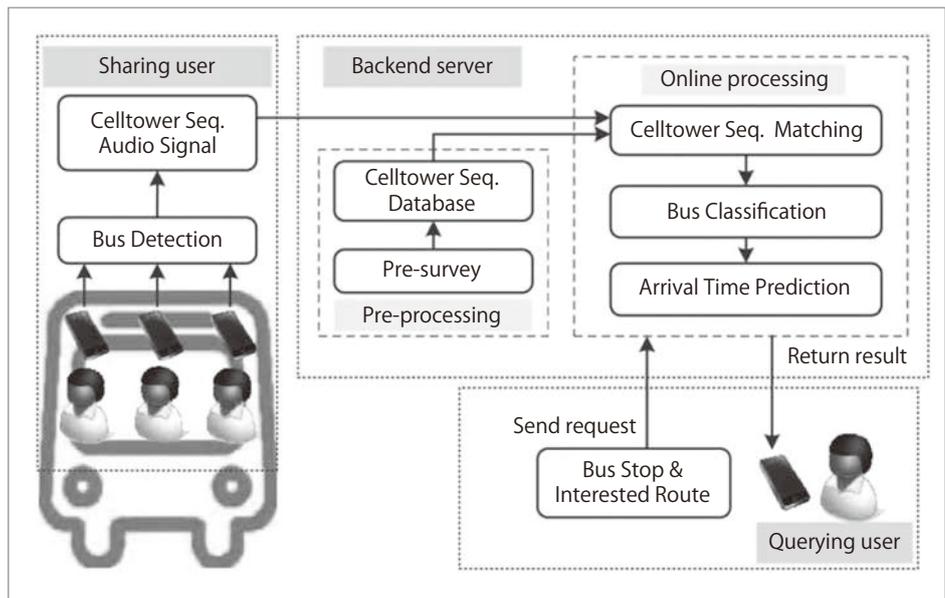


図-3 バス到着時刻予測システム構成図²⁾

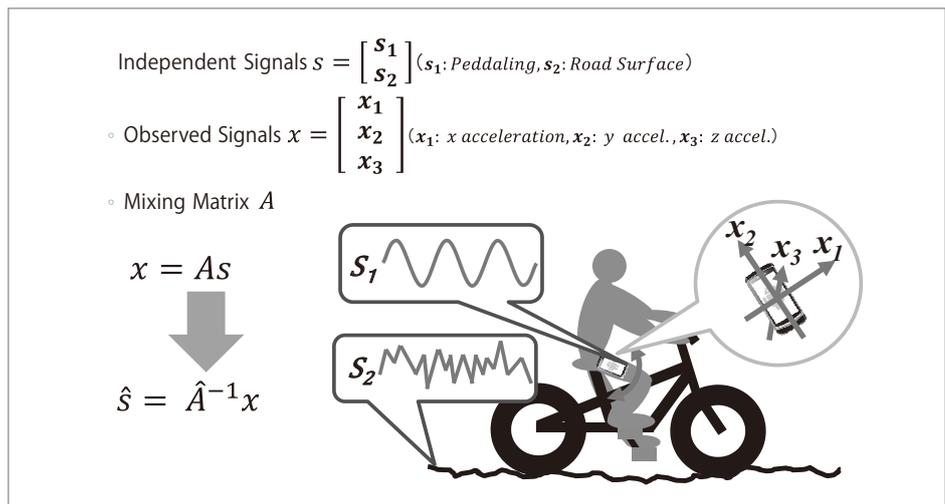


図-4 自転車走行を利用した路面状態抽出³⁾

を市民が出す。同様の取り組みとして、薄井らのグループでは、日常生活の中で気づいたことを声としてスマートフォンに録音したものを収集する^{☆2)}。こうした例では人の解釈がなされていることにより、生活に密着した情報収集が可能となる。

さて、このように人がテキスト化するあるいは声として発することにより実世界情報を収集するということは、そのほか、多くの提案がなされており、確かに人の情報処理能力に頼るアプローチであるが、

☆1 Schweizer, I., Bärtil, R., Schulz, A., Probst, F. and Mühlhäuser, M.: NoiseMap - Real-time Participatory Noise Maps, Proc. of PhoneSense 2011 (2011).

☆2 薄井智貴, 森川高行, 剣持千歩, 本丸勝也: 市民の身近な気づきを音声でスマートに集める「アクティブ・プローブ」の開発, FIT 2013 (2013).

人の感じる力は視覚、聴覚以外からも引き出せる可能性がある。こうした例では、検出部の出す結果が次の操作部で用いられるのに、時間・日・月というオーダで十分であった。それに対して、秒・分単位での制御ループに人のセンシング能力を組み込んでよい。それには、テキストや声となる前の信号として取り出す必要がある。そうすると、人体を直接センシングするという方法が考えられる。人体のセンシングは、一般にはヘルスケアという観点で実施されるが、ヒューマンプローブではフィードバックループにある検出部として位置づけられる。

たとえば、部屋の空調制御をする場合、快適か不快かを感じるのは人であるので、温度計よりも人が良いセンサということになる。その際、皮膚表面の体温ではなく、心電・脈波の LF/HF (低周波領域と高周波領域のパワー値の比) 解析に基づいて自律神経系の活動を推定したり、さらに、深部体温の恒常性維持⁴⁾ を目的とするのであれば、脳血流も含めた計測の意義が出てくる。

この議論をさらに人体内部へ進めると、抹消神経系の感覚器の変化や、中枢神経系の信号を取り出すアプローチも考えられる。実際、自動運転支援を目的として、大脳の補足運度野にて人が実際に行動を起こす前に現れる緩変動脳波を非侵襲 EEG (Electroencephalogram) で観測する研究がなされている⁵⁾。

結局は人が感じるから

再度、制御システムに話を戻す。モータ制御の例をとっても、センサ、アクチュエータに人の介入するところはない。一方、ユビキタスコンピューティング/ウェアラブルコンピューティングでは、人の生活空間を扱っているのだから、人にとっての快適性が意味を持ち、ヒューマンプローブの価値が出てくる。

参考文献

- 1) 北本朝展：センサデータとソーシャルメディアの統合によるリアルタイム状況認識の可能性、「ヒューマンプローブの新たな展開」シンポジウム資料 (Nov. 2012).
- 2) Zhou, P., Zheng, Y. and Li, M. : How Long to Wait ? : Predicting Bus Arrival Time with Mobile Phone based Participatory Sensing, IEEE Trans. on Mobile Computing, Vol.13, No.6, pp.1228-1241 (June 2014).
- 3) Tobe, Y., Usami, I., Kobana, Y., Thepvilajanapong, N., Takahashi, J. and Lopez, G. F. : vCity Map : Crowdsensing towards Visible Cities, Proc. of IEEE Sensors (Nov. 2014).
- 4) 片桐祥雅：深部センサ、クラウド時代のヘルスケアモニタリングシステム構築と応用 (板生清監修) pp.77- 84 (Sep. 2012).
- 5) Gheorghe, L., Chavarriaga, R. and Millán, J. R. : Steering Timing Prediction in a Driving Simulator Task, 35th Annual Int. Conf. Eng. in Medicine and Biology of the IEEE, EMBC, pp.6913-6916 (2013).

(2015年6月10日受付)

戸辺義人 (正会員) yoshito-tobe@rcl-aoyama.jp

センサネットワークを用いた都市センシングの後、人の行動を利用した参加型センシングの研究を進めている。2012年から青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科教授。