

K-029

発声時の頭部方向により制御可能な電動車椅子 A Powered Wheelchair Controllable by Head Orientation Estimated While Uttering

佐宗 晃[†]
Akira Sasou

1. はじめに

電動車椅子のジョイスティック操作が困難な重度障害者を対象として、その障害の程度や残存機能などにより様々なインタフェースの開発が試みられている。例えば、意図的に頭部を動かすことが可能なユーザを対象として、磁気センサを用いた頭部ジェスチャ認識インタフェースの開発が行われている[1]。このシステムでは、磁気センサを頭頂部に装着する必要があるが、磁気センサがずれた場合に手足に障害があるユーザは自分自身で直すことが困難という問題があった。そこで、ユーザの利便性を高めるために、カメラによるビジュアルセンシングを用いることで、コードやセンサなどを一切身につけない非接触・非拘束なインタフェースの開発も行われている[2]。これら頭部ジェスチャを用いたインタフェースでは、常に頭部の動きを監視するため、車椅子の操作以外に自由に頭部を動かさないという問題がある。

一方、意図的に音声を発することが可能なユーザに対しては、音声認識インタフェースの開発が行われている。例えば、文献[3]のシステムではユーザがヘッドセットマイクを装着して音声認識を行っている。しかし、重度脳性麻痺者などが使用するには自分自身でのマイク装着や位置修正が困難という問題があった。筆者らは非拘束・非接触な音声認識インタフェースを実現するために、マイクアレイを搭載した電動車椅子の開発を行った。このシステムはマイクアレイの音源定位機能を用いてユーザの発声位置と周囲雑音の到来方向を推定し、その位置情報からユーザ音声と雑音を区別している。また、マイクアレイの音源分離機能とその他の雑音除去手法を組み合わせることにより、雑音環境下でも高精度な音声認識を実現した[4,5]。しかし、これら音声認識インタフェースでは重度脳性麻痺者の不明瞭な音声を認識するためには、話者適応化などの個別の調整が不可欠という問題がある。

本稿では、マイクアレイで推定したユーザの発声位置はおおよそ口の位置に一致するため、その発声位置から頭部方向を推定することが可能になることを利用した電動車椅子操作インタフェースについて紹介する。このシステムは発声を伴った頭部の向きまたは動きを検出・認識するので、発声が認識開始のスイッチの役割を果たす。従って、発声をしなければ自由に頭部を動かすことができる。また、進みたい方向に頭部を向けて音声に限らず呼吸音や口笛など何らかの音を発しさえすればよいため、不明瞭音声の認識システムで必要な話者適応化などの個別の調整も必要としない。

2. マイクアレイ搭載電動車椅子

図1に、開発したマイクアレイ搭載電動車椅子を示す。2つのマイクアレイユニットを、肘掛の先端にユーザから見て「ハ」の字になるように設置した。これにより、ユーザはヘッドセットマイクなどのセンサ類を身につけることなく、電動車椅子の利用が可能になる。マイクアレイユニットは13cm×1cmの基板に、4つシリコンマイクを3cm間隔で直線状に取り付けている。シリコンマイクを採用することで、小型のマイクアレイユニットを実現している。また、採用したシリコンマイクはプリアンプを内蔵しているため、アナログケーブルを長くしても雑音の影響を受けにくい。シリコンマイクは計8個で、各チャンネルのアナログ信号は11.025kHzサンプリング、16ビットでデジタル信号に変換する。



図1 マイクアレイ搭載電動車椅子

制御装置は、Pentium-M 2.0GHzを搭載したCPUボード1枚、8chADCボード1枚、DC-DCコンバータ2種類を、W30×H7×D18cmのケースに収めて、電動車椅子のシートの下に格納している。従って、図1に示すように、外見に表れる部品はマイクアレイと認識結果を表示する液晶パネルだけとなっている。CPUボードとADCボード間はUSBケーブルで接続し、CPUボードと電動車椅子のモーター制御ボックス間はRS232Cケーブルで接続している。このハードウェアで、マイクアレイを用いた音源定位と車椅子の制御をリアルタイムで行う。

[†] (独) 産業技術総合研究所 AIIST

3. 発声時の頭部方向推定

マイクアレイの音源定位機能を用いることで、発声時の音源の位置(口の位置)が特定できる。図2は1人の話者が、前に傾いた状態、右を向いた状態、後に傾いた状態、左を向いた状態、のそれぞれで数回「あ」と発声したときに特定された口の位置を表している。音源定位は、ユーザの口が入るように調整した地面に平行な20×16平方cmの平面(ユーザ発話領域)内で、1cm間隔のグリッド上で特定する。発声時に特定される口の位置は、ユーザ発話領域内で頭部の状態毎に分離可能な領域に分布している。従って、予めユーザ毎に各頭部状態で発声したときに特定される領域を登録しておくことで、その口の位置から頭部方向を推定することが可能になる。発声内容は、音声に限らず口笛や呼気音などでの操作も可能である。

音源定位はMUSIC(Multiple Signal Classification)法を用いている。この手法により周囲に指向性の雑音源がある場合でも、ユーザの発声と雑音源を区別することが可能となる。また、雑音に対して音源定位をより頑健にするために暗騒音レベルの適応推定を行い、SNRの高い周波数成分を選択し、それらに対してMUSIC法を適用している。

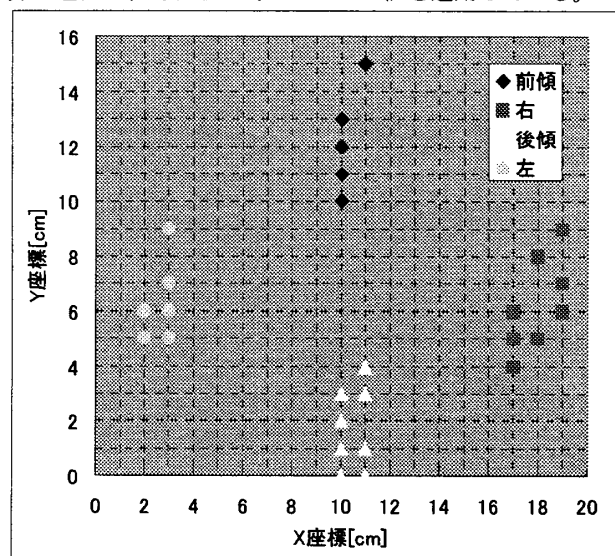


図2 音源定位の結果

4. 試作機の雑音環境下での走行例

試作した電動車椅子は、前に傾いた状態、右を向いた状態、後に傾いた状態、左を向いた状態、のそれぞれで発声したときに、電動車椅子が前進、右折、停止、左折するように設定した。図3に実験の様子を示す。左側に置かれているスピーカからテレビ音声などの雑音が出力されている。上段左の写真は、頭部を前に傾けて「スー」という呼気音を発し、電動車椅子が前進を始めた様子を示している。上段右の写真は右を向いて発声し電動車椅子が右折、下段左は左を向いて発声し左折を始めた状態である。最後に、下段右の写真は後に傾いて発声し、電動車椅子を停止した状態である。

雑音を出力しているスピーカは地面に対して固定されているが、動き回る電動車椅子から見れば、雑音源は電動車椅子の周囲を移動している。このような移動雑音源がある

環境でも、ヘッドセットマイクなどの接話型マイクを装着することなく電動車椅子を操作できることが確認できた。

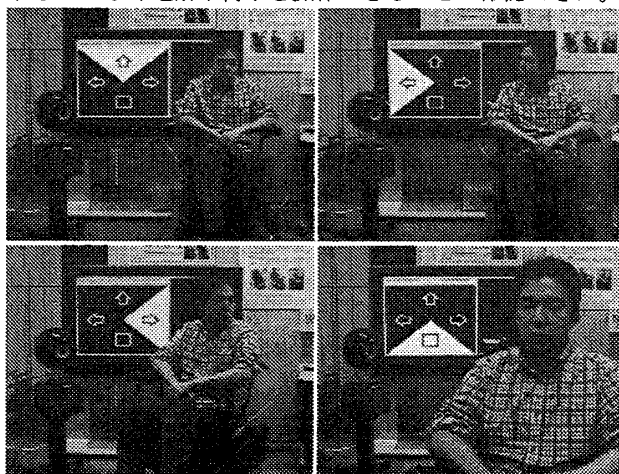


図3 雑音環境下での走行例

5. まとめ

マイクアレイの音源定位機能で特定したユーザの発声位置から頭部方向推定が可能になることを利用した電動車椅子操作用インタフェースについて紹介した。このシステムは発声を伴った頭部の向きまたは動きを検出・認識するので、発声が認識開始のスイッチの役割を果たす。従って、発声をしなければ自由に頭部を動かすことができる。また、進みたい方向に頭部を向けて音声に限らず呼気音や口笛など何らかの音を発しさえすればよい場合、音声認識が可能などの明瞭な音声コマンドを発声できなくても利用可能である。雑音環境下での試作機走行実験により、提案システムの実現可能性を確認した。

今後の課題は、特定した発声位置の周辺に人の発声時の放射特性を適用することで、より頑健な頭部方向推定を実現すること。また、頭部方向だけでなく頭部ジェスチャの認識により、より詳細な電動車椅子の制御を可能にすることが挙げられる。

謝辞

本研究は、科研費 20700471 (2008~2009年度)の助成を受けて実施している。

参考文献

- [1]井上、廣瀬、数藤、“重度脳性麻痺者を対象とした頭部操作式電動車いすの開発”、バイオメカニズム 12, (25), 303-313, 東大出版会, (2004).
- [2]依田、田中、Raychev、坂上、井上、“頭部ジェスチャによる非接触・非拘束電動車いす操作インタフェースの開発”、第3回生活支援工学系学会連合大会, pp.137, (2005).
- [3]井上、石濱、数藤、内山、“音声認識型電動車いすの個別対応開発”、第16回リハ工学カンファレンス、2-A-16, pp.313-316, (2001).
- [4]Sasou, Kojima, “Noise robust speech recognition for voice driven wheelchair”, Proc. of Insterspeech 2007, pp.250-253, (2007).
- [5]<http://staff.aist.go.jp/a-sasou/wheelchair.htm>