

発話観測システム NDI Wave の改良型センサの精度検証*

○北村達也 (甲南大) 能田由紀子 (ATR-P/ATR 知能ロボ研/神戸大院) 吐師道子 (県広大)
波多野博顕 (ATR 知能ロボ研/神戸大院)

1 はじめに

磁気センサシステムは、発話器官に貼り付けた小型のコイルの位置を磁気を利用して計測する装置である。このシステムは、計測点は限られるものの、時間分解能が高い、計測時の騒音がない、非侵襲性の計測であるなどの利点を有する。

NDIの発話観測システム Wave speech research system (以下 Wave) は磁気センサシステムの一つで、フィールドジェネレータ (FG) により生成される磁場内のセンサの位置を標準化周波数 400 Hz で計測できる。Wave には上記の利点に加えて可搬性がある、被験者の姿勢の自由度が高い、センサが出荷時にキャリブレーション済みであることなど、他の磁気センサシステムにはない利点がある。さらに、装置のレンタルサービスも行われており、今後幅広い分野での利用が期待される。

ところが、Wave のセンサに接続されているワイヤは太く柔軟性に欠け、発話を阻害する可能性がある。そこで、我々はこのワイヤを細く柔軟性のあるものと交換し、それによって被験者の発話がより自然なものになることを確認した [1]。本研究では、ワイヤの交換による計測精度への影響を検証した。

2 改良型センサ

Wave による計測では、空間上の原点を規定する 6 自由度のリファレンスセンサと発話器官に貼り付ける 5 自由度のセンサの 2 種類を用いる。これらのセンサには直径 0.4 mm のワイヤを撚ったツイストペアワイヤが接続されている。しかし、このワイヤが硬く柔軟性に乏しいため発話を阻害する可能性がある [1]。

そこで、我々は 5 自由度センサのワイヤを細く (直径 0.16 mm) 柔軟性の高いもの (協和ハーモネット, 2UEW 0.16 mm) に交換した。加えて、図 1 に示すようにワイヤの終端にコネクタを付けた。これによって、装置の設定に要する時間の大幅な短縮を実現するとともに、実験中にワイヤが装置から外れることも皆無となった [1]。

さらに、ワイヤのはんだ部を歯科用シリコン (山八歯材工業, コレクシル) にてふさぎ、文献 [1] の段階よりも防水性を強化した。

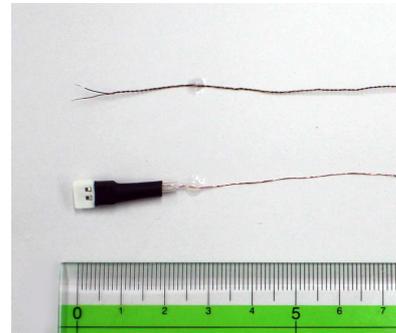


Fig. 1 Sensor wires of the original (upper) and improved (lower) sensors [1].

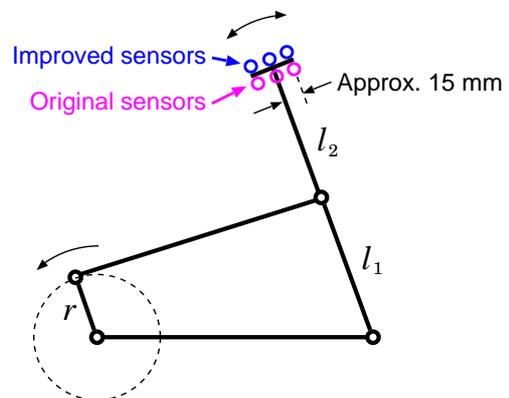


Fig. 2 Crank rocker for evaluation of the accuracy of sensors.

3 評価方法

3.1 評価用装置

LEGO Mindstorm を利用して図 2 に示すクランクロッカーを製作した。これは、モーターの回転運動をワイパーのような往復運動に変換するリンク機構の一種である。この機構ではクランクとリンクが直交するときにロッカーの速度が最大となる。その速度は、クランクの半径を r m, 回転速度を s rps, ロッカーの長さを l_1 m, ロッカーの支点からリンクロッドとの接続部までの長さを l_2 m すると、 $2\pi r s \frac{l_2}{l_1}$ m/s となる [2]。本研究では $r = 51$ mm, $l_1 = 95$ mm, $l_2 = 95$ mm とした。往復運動の角度は約 75° である。

ロッカーの先端に長さ 55 mm のバーを取り付け、純正および改良センサを 3 個ずつ 15~16 mm 間隔で固定した。中央、左、右のセンサを 1, 2, 3 と呼ぶ。

* Accuracy of improved sensors for NDI Wave speech research system. by KITAMURA, Tatsuya (Konan Univ.), Yukiko Nota (ATR-P/ATR IRC/Kobe Univ.), Michiko Hashi (Pref. Univ. Hiroshima), and Hiroaki Hatano (ATR IRC/Kobe Univ.)

Table 1 Average distance between two sensors in mm measured using reference sensor. The volume of magnetic field was set to $300 \times 300 \times 300 \text{ mm}^3$.

| Sensor | Distance from FG | Max speed [mm/s] | Distance between 1 & 2 (S.D.) | Distance between 1 & 3 (S.D.) | Distance between 2 & 3 (S.D.) | No. of error |
|----------|------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Original | 100 mm | 0 | 16.3 (0.01) | 16.2 (0.02) | 32.5 (0.02) | 0 |
| | | 615 | 16.2 (0.11) | 16.2 (0.13) | 32.4 (0.16) | 0 |
| | | 1,880 | 16.2 (0.20) | 16.2 (0.20) | 32.4 (0.30) | 0 |
| | 200 mm | 0 | 16.3 (0.15) | 16.4 (0.19) | 32.7 (0.16) | 0 |
| | | 615 | 16.2 (0.43) | 16.4 (0.49) | 32.6 (0.50) | 0 |
| | | 1,180 | 16.2 (0.42) | 16.4 (0.58) | 32.5 (0.58) | 0 |
| | 300 mm | 0 | 15.4 (0.45) | 17.0 (0.58) | 32.3 (0.49) | 0 |
| | | 615 | 15.4 (1.74) | 19.1 (6.26) | 32.6 (4.48) | 3 |
| | | 1,180 | 15.9 (2.14) | 17.8 (4.25) | 32.6 (4.03) | 11 |
| Improved | 100 mm | 0 | 15.4 (0.02) | 15.9 (0.02) | 31.3 (0.02) | 0 |
| | | 615 | 15.4 (0.43) | 15.9 (0.17) | 31.4 (0.38) | 0 |
| | | 1,880 | 15.4 (0.63) | 16.0 (0.35) | 31.4 (0.60) | 0 |
| | 200 mm | 0 | 14.8 (0.22) | 16.8 (0.27) | 31.6 (0.27) | 0 |
| | | 615 | 15.0 (0.76) | 16.6 (0.68) | 31.5 (0.75) | 0 |
| | | 1,880 | 15.0 (0.74) | 16.5 (0.74) | 31.4 (0.71) | 0 |
| | 300 mm | 0 | 14.4 (0.66) | 17.3 (0.71) | 31.6 (0.65) | 0 |
| | | 615 | 14.3 (2.89) | 17.0 (2.33) | 30.8 (2.78) | 62 |
| | | 1,880 | 14.8 (3.12) | 17.3 (2.39) | 31.5 (2.93) | 17 |

3.2 条件

ロッカーの往復面と FG が床面と水平になるよう設置し、以下の 4 つのパラメーターを変更して計測した。実験に使用したセンサは無作為に選択したものである。

1. ロッカーの速度 (最大値): 静止, 108 mm/s, 615 mm/s, 942 mm/s, 1,880 mm/s
2. FG からセンサまでの距離: 100 mm, 200 mm, 300 mm
3. 磁場領域のサイズ: $300 \times 300 \times 300 \text{ mm}^3$, $500 \times 500 \times 500 \text{ mm}^3$
4. リファレンスセンサ利用の有無

リファレンスセンサは、センサが往復する面から FG と逆方向の 40 mm 面上、ロッカー先端が速度最大となる位置に固定した。

4 結果と考察

磁場領域のサイズを $300 \times 300 \times 300 \text{ mm}^3$ とし、リファレンスセンサを用いた場合のセンサ間距離の平均値と標準偏差、データ欠損数を表 1 に示す。紙面の制約から一部のみ掲載している。Berry の報告 [3] にある通り、FG からの距離が大きくなるほど精度が下がる。これは純正品、改良品双方に見られる。特に、磁場領域の限界の FG から 300 mm の位置では、距離の標準偏差も大きくなり、データ欠損も生じている。ただし、通常の計測では FG から話者の正中面に貼り付けられたセンサまでの距離を 200 mm 以内に設定するため、このような誤差は生じないと考えられる。

改良型センサにおいて、FG から 200 mm の位置でのセンサ 1-2 間距離とセンサ 1-3 間距離が FG から 100 mm の位置での値と差がある。一方、FG から 200 mm の位置でのセンサ 2-3 間距離は FG から 100 mm の位置での値とほぼ同じである。この結果はセンサ 1 にのみ誤差が生じているためと考えられるが、改良の影響かセンサ個体の問題かは不明である。また、改良型センサは純正品と比べて距離の標準偏差およびデータ欠損数が大きくなる傾向がある。

5 おわりに

本研究では Wave の改良型センサ [1] の精度評価を行った。センサのワイヤの交換作業は手作業で行われているため、センサの精度にばらつきが生じると考えられる。今後、対象のセンサを増やして同様の評価を行う必要がある。

謝辞 本研究の一部は平成 26 年度科研費 (24652085, 25280026, 25280066, 25884009), 及び私立大学等経常費補助金特別補助「大学間連携等による共同研究」の支援を受けた。センサ改良にご協力いただいたアドバンスシステムズ (株), コバテル (株), および評価用装置の製作にご協力いただいた甲南大学知能情報学部 和田昌浩先生, 梅谷智弘先生に感謝する。

参考文献

- [1] Kitamura *et al.*, *Acoust. Sci. & Tech.* (accepted).
- [2] Bourassa, *Wisc-Online* (2012).
- [3] Berry, *JSLHR*, 54, 1295–1301 (2010).