

Fitt's Law によるキー入力効率の検証

大岸 通孝先生

2007年01月19日

氏名:ロスザイニザ R

学科:情報システム工学科

学年:3年生

学籍番号:0408060462

名列番号:069

目的：

電話のキーボードと電卓のキーボードの違いを調べて、心理学的に、なぜ数の順番が逆に並ぶのかについてまず関心をもった。

この関心を発展させて、Fitts の法則 (Fitt's Law)によるキー入力効率を検証した。

電話のキーボードと電卓のキーボード違い

- 電話のキーボードを下行から並べると(1-2-3)、文字の順序が逆になる。すなわち、最上行が P-R-S から始まる。メッセージを入力するとき、押しにくくなる。
- 1950年代は、電話通信技術がまだ発展はしていなかったため、数の並び方を逆にすることによって、利用者の入力の速さ遅くし、ハードウェアがトーンをうまく認識できるようにした。
- 1960年に、Bell 研究所が電話のキーボードの研究をし、様々なキーボードをデザインした。多くの人の意見や感想を聞いて、現在のキーボードを考案した。
- ダイヤル式電話では1の位置が最上右で、0のが最下の位置である。Touch-tone キーボードに1の位置を最も右側に置くと、おかしく感じられる。それは欧米の書き方は最も左から始まるからである。

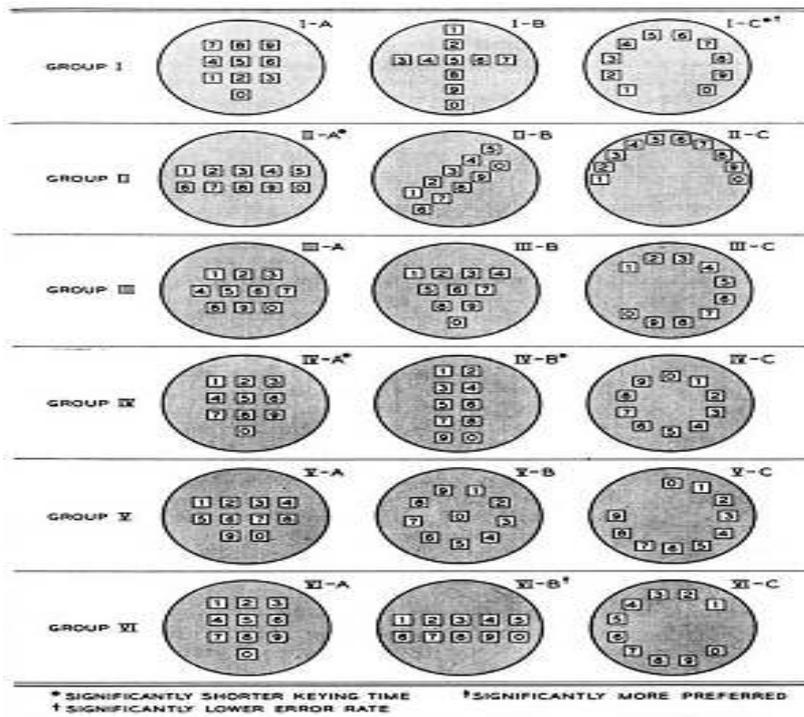


図 1

Fitts の法則

Fitts の法則とは人間の動作時間を推定する精度のよいモデルであり、人間工学やヒューマン・コンピュータ・インタラクションの研究分野で広く利用されている。

現在位置点から目標ターゲットに移動させるまでの時間を定量化する法則。それなので、Fitts の法則 は距離と終点のサイズの関数で決まっている。

正確に、Fitts の法則は様々な式で表示される。

$$1 \text{ 次元} \quad MT = a + b \log_2 \left(\frac{2A}{W} \right) \quad (1)$$

$$2 \text{ 次元} \quad MT_{ij} = a + b \log_2 \left(\frac{A_{ij}}{W_j} + 1 \right) \quad (2)$$

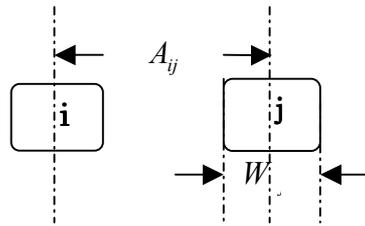


図 2

- MT_{ij} : キー i からキー j までの運動時間
- a, b : ユーザの熟練に応じて変わる操作効率
- A_{ij} : キー i からキー j までの距離
- W_j : キー j の幅

(2) の式によって、距離が長くて、終点の幅が狭くなると、処理時間が長くなる。

キー再入力処理時間

一つのキーを2回以上を入力すると、例えば、'look', 'o' が2回に入力するから ID はゼロである。Fitts の法則は処理時間の速さモデルを目的であるから再入力の処理時間には、Fitts の法則に適用されない。

$$MT_{ij} = a + b \log_2 \left(\frac{A_{ij}}{W_j} + 1 \right) = a + b \times 0 = a \quad (3)$$

一つのキーを再入力すると分節の問題が起こられる。このシステムは打ったキーが新しい文字か、または、現在の表示している文字かが判断できない。そのために、新しい文字が始まるというシステムを指定すれば良い。

2つの解法を持つ。

1. 一時中止時間
2. 一時中止時間スキップ

外のキーを使って、一時中止時間が止まって、一時中止時間をスキップをして新しい文字を入力する。

文字の入力する総時間

$$CT_{ij} = \sum MT \quad (4)$$

文字の再入力する時間

$$CT_{ij} = MT_0 + N \times MT_{repeat} + T_{timeout} \quad (5)$$

$$CT_{ij} = MT_0 + N \times MT_{repeat} + MT_{kill} \quad (6)$$

ただし、

CT_{ij} = 総時間

MT_{ij} = 処理時間

MT_0 = 最初の処理時間

MT_{repeat} = 再入力の処理時間

$T_{timeout}$ = 一時中止時間

MT_{kill} = 一時中止時間をスキップの処理時間

Fitts の法則のアルゴリズムのはモータタスクの難しさ (ID-Index of Difficulty) といい、bits で表示する。

$$ID = \log_2\left(\frac{A_{ij}}{W_j} + 1\right) \quad (\text{bits}) \quad (7)$$

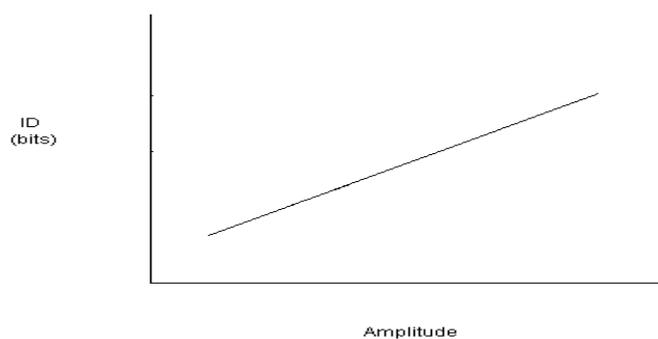


図 3

- このグラフによって、キー間の距離が長くなって、次のキーの幅が小さくなると ID (bits) が高くなる。 A_{ij} が 2 倍で W_j が半分になると ID が 1 bit が増える。

(2) の式によって、MT は次の式になる。

$$MT = a + b(ID) \quad (8)$$

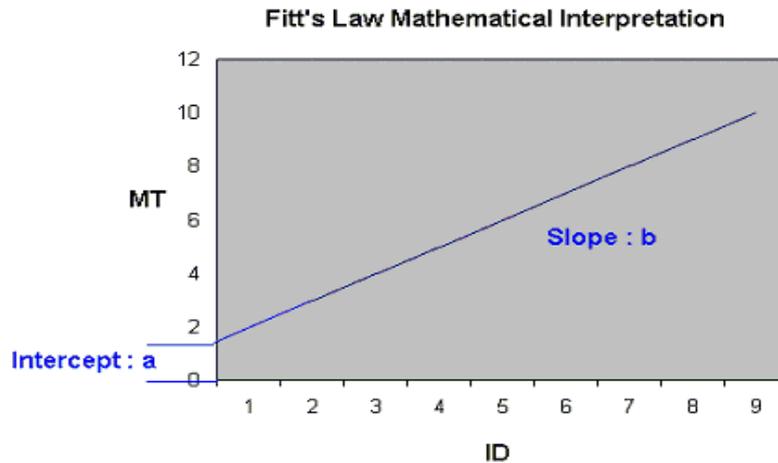


図 4

上のグラフによると b の単位は (時間/ビット)、そして、 a とはキーを入力反応時間である。

実験 1 : 文字の入力

仮説 : 慣れた手を使うと ID (Index of Difficulty) が小さくなって処理時間が短くなる。

更に、現在位置のキーから目標ターゲットのキーまでの距離が長くなると、ID (bits) が大きくなる。

精通した言語を入力するとき、速くなる。

被験者 : 11 人 (日本人 : 7、留学生 : 4)

(男子 : 7、女子 : 4)

(全員 : 右きき)

携帯電話の種類 : au, Toshiba (A5509T)

方法 :

- ① 右手の親指で決まった文字を入力させて、かかる時間を計る。
- ② 同じ手の人さし指で①と同じようにする。

③ 左手で①と②を繰り返す。

	cab	road	cab on the road	りんごはあか
距離 (cm)	5.2	5.83	13.17	25.51
ID(bits)	0	2.26	3.58	5.41

表 1

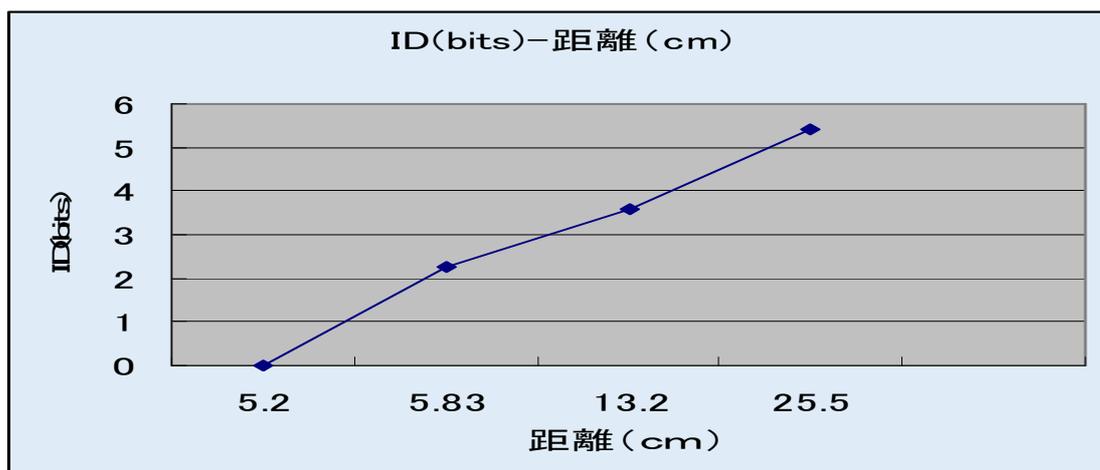


図 5

距離が長くなると ID の値は高くなる。距離と ID は直線である。

問題：

キー間の距離を測るのは高精度は悪いから誤差を起こる確率が高い。それなので、ID の値も誤差を起こるの確率もある。

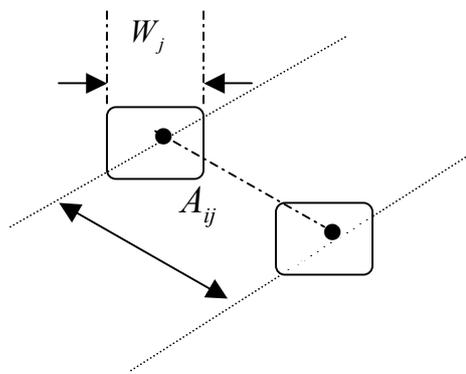


図 6

‘cab’は同じキーににおいているために入力すると、ID の値がゼロに考えれば良い。

$ID = 0$ におくと、'cab'の処理時間は操作効率(a)と等しい。

日本の携帯電話、スペースキーがないから欧米の書きのとき少し面倒になる。

被験者は 'NEXT'のキーを使って英語の文を入力した。また、日本系の携帯電話は一時中止時間を持っていないから被験者は同じキーで新しい文字を示したいとき 'NEXT'のキーを使って一時中止時間をスキップした、。

結果：

	cab	road	りんごはあか	cab on the road
ID(bits)	0	2.26	3.58	5.41
右手の親指(秒、s)	3.51	4.65	8.53	18.58
右手の人ざし指(秒、s)	2.96	3.9	8.75	16.39
左手の親指(秒、s)	3.51	3.39	8.2	16.34
左手の人ざし指(秒、s)	3.56	3.61	7.5	16.22

表 2

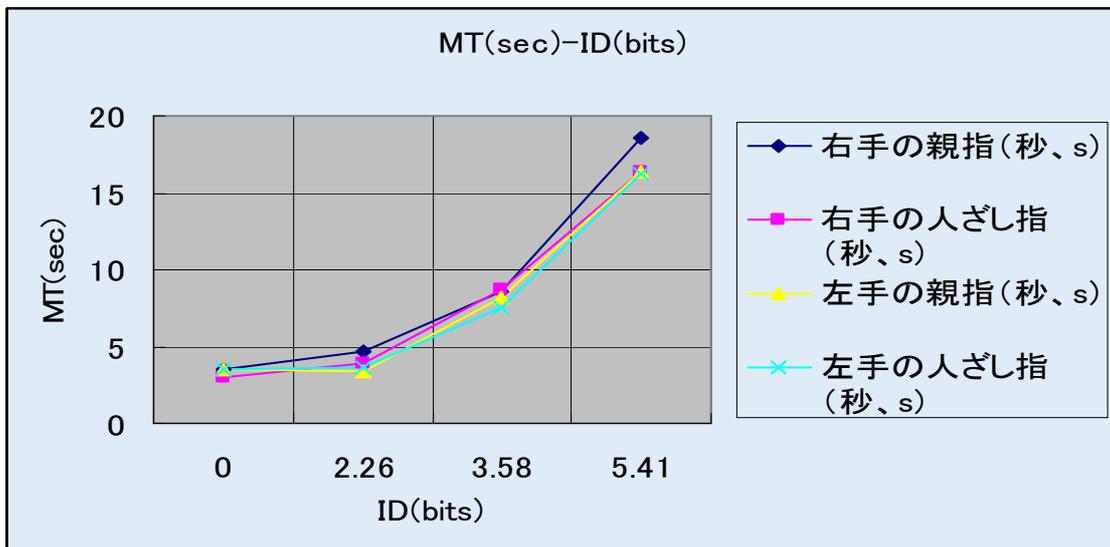


図 7

グラフによると、処理時間が一番長いのは右手の親指で入力するときである。

一番短い処理時間のは左手の人差し指で入力するときである。

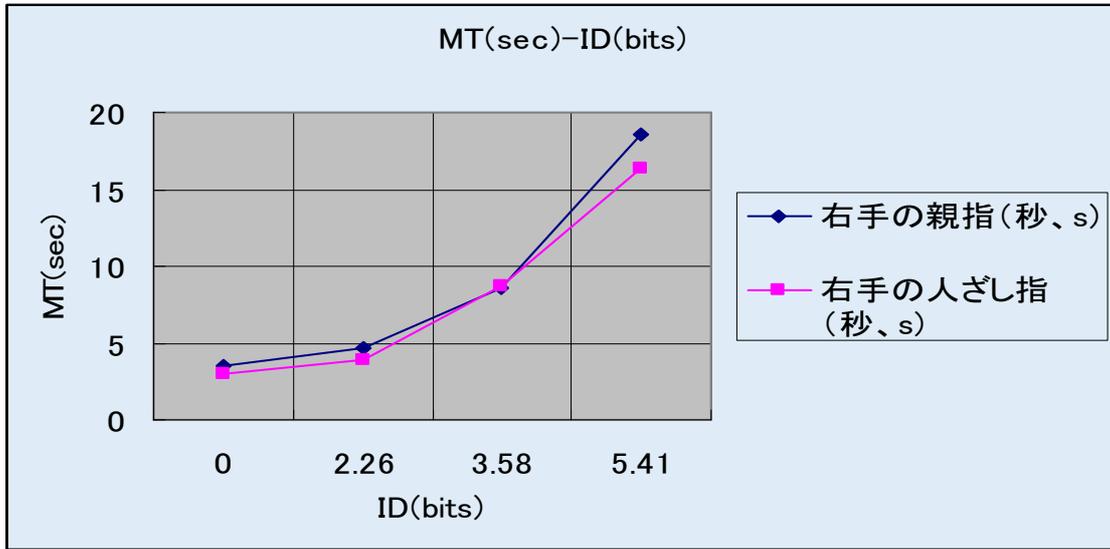


図 8

上のグラフによると、ID が 3. 5 8 bits のときだけ右手の親指の処理時間が右手の人差し指の処理時間と等しい。

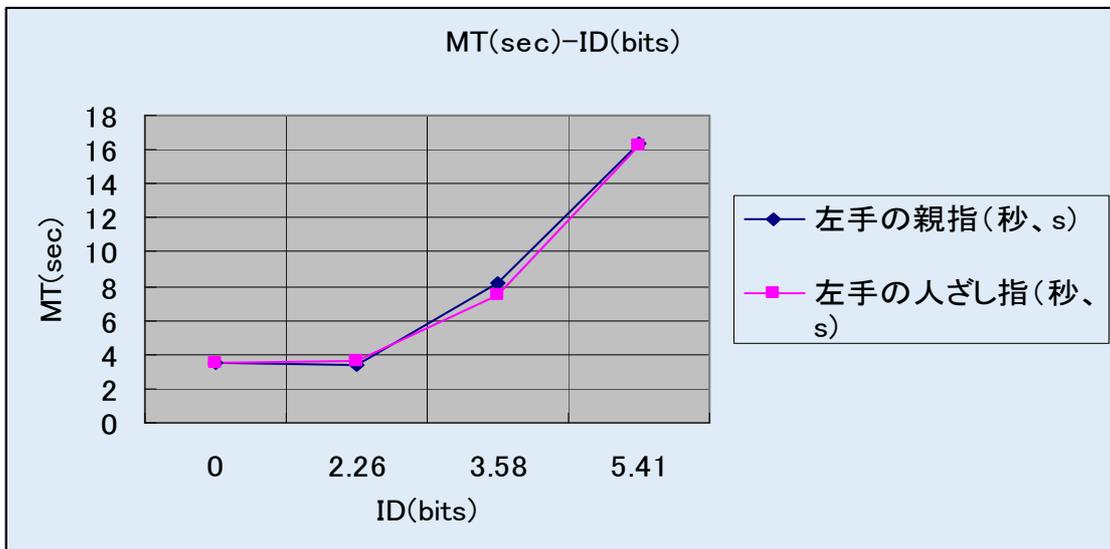


図 9

一方、左手で入力すると処理時間があまり変換しない。

被験者は日本人。

	cab	road	Cab on the road	りんごはあか
--	-----	------	-----------------	--------

右手	親指(秒、s)	3.58	5.32	19.01	7.73
	人ざし指(秒、s)	3.22	3.77	18.32	8.21
左手	親指(秒、s)	3.39	3	16.19	7.65
	人ざし指(秒、s)	3.15	3.62	17.22	6.99

表 3

被験者はマレーシア人。

		cab	road	Cab on the road	りんごはあか
右手	親指(秒、s)	3.05	4.21	16.18	6.85
	人ざし指(秒、s)	2.65	3.58	15.64	10.73
左手	親指(秒、s)	3.54	3.49	15.43	8.04
	人ざし指(秒、s)	3.64	3.49	14.54	7.67

表 4

表 3 と表 4 によって、英語を入力すると、被験者は日本人のとき処理時間が高いが、被験者はマレーシア人のときは処理時間は低い。ところが、日本語を入力するとき、逆にになる。

考察：

全部のタスクで、右手で入力すると、処理時間が速いのは右手の親指で入力する時です。しかし、左手で入力すると、右手の親指で入力し、右手の人差し指で入力するの処理時間 2 つとも同じである。それなので、三つともの結果を比較し、一番の早い処理時間は左手の人差し指で入力するときである。

まとめ 1：

このように、人差し指で入力するのは親指で入力するによりも、速い。

仮説より、当てはめた。

更に、精通した言語を入力するとき処理時間が速くなる。仮説により当てはめた。

実験 2：数字の入力

仮説:慣れた手(右手)を使うと ID(Index of Difficulty)が小さくなって処理時間が短くなる。

更に、現在位置のキーから目標ターゲットのキーまでの距離が長くなると、ID(bits)が大きくなる。

被験者：11人（日本人：5、留学生：3）

(男子：5、女子：3)

(全員：右きき)

携帯電話の種類：au,Toshiba(A5509T)

方法：

- ④ 右手の親指で決まった数字をを10秒間に入力させて、何セットを入力するのかを数える。
- ⑤ 同じ手の人さし指で④と同じようにする。
- ⑥ 左手で①と②を繰り返す。

キー	5	3,5	2,8	3,8	6,4	1,0	6,7	1,9	2,4,8	3,4,9
距離 (cm)	0	1.66	1.7	2.2	2.7	2.778	2.846	3.191	3.33	5.692
ID(bits)	0	1.13	1.15	1.36	1.55	1.58	1.6	1.71	1.76	2.34

表5

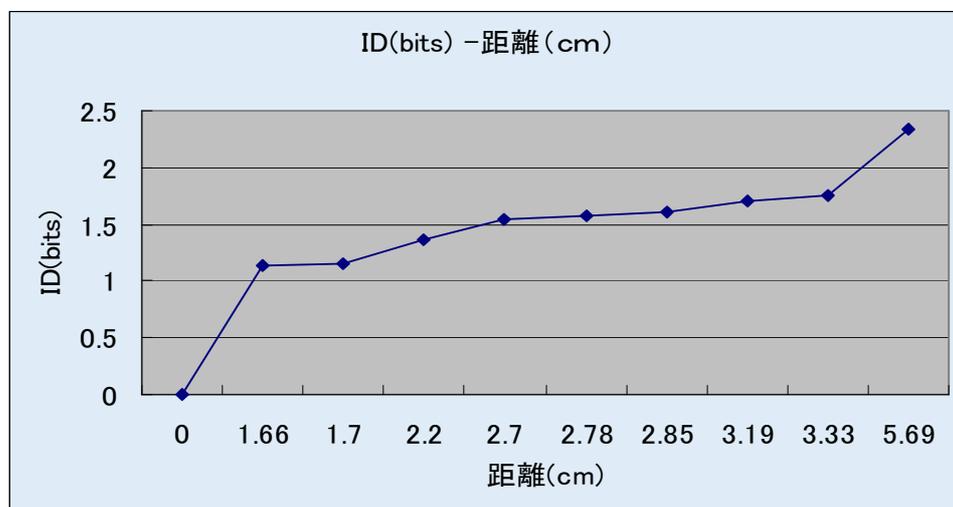


図10

文字入力と同様に、ID(bits)が距離によって大きくなる。

結果：

ID(bts)	0	1.13	1.147	1.363	1.55	1.601	1.607	1.713	1.756	2.341
右手の親指(s)	0.1594	0.458	0.476	0.533	0.548	0.526	0.552	0.645	0.755	0.825
右手の人差し指(s)	0.1571	0.452	0.523	0.556	0.488	0.523	0.606	0.64	0.741	0.8
左手の親指(s)	0.1793	0.556	0.556	0.556	0.606	0.6109	0.606	0.684	0.86	1.05
左手きの人差し指(s)	0.185	0.563	0.656	0.661	0.702	0.727	0.714	0.696	0.93	1.25

表 6

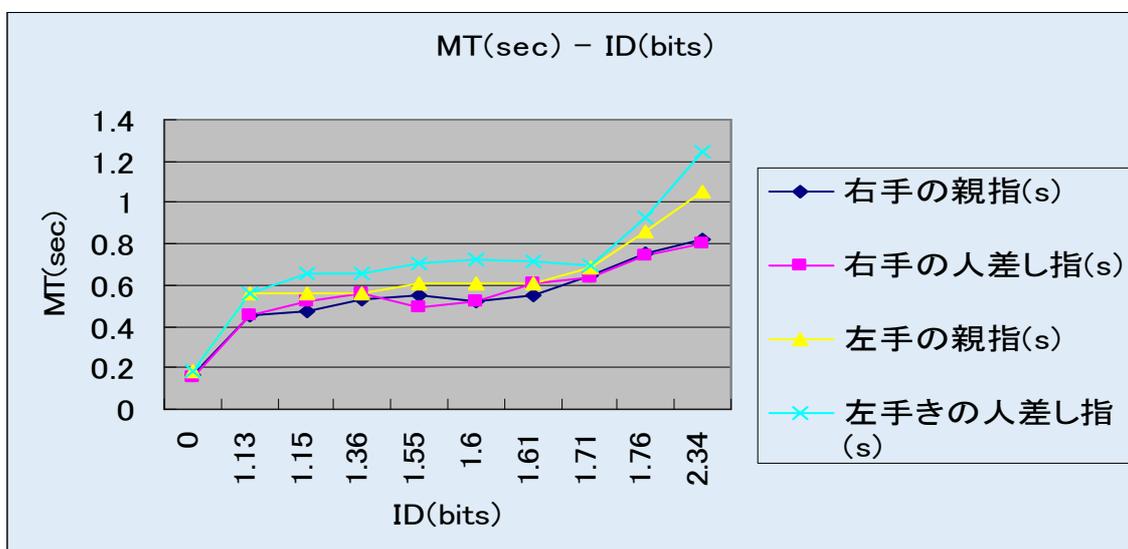


図 1 1

表 6 と図 1 1 によって、左手の人差し指で入力するのは時間が一番かかった。他のは、あまり変化しない。

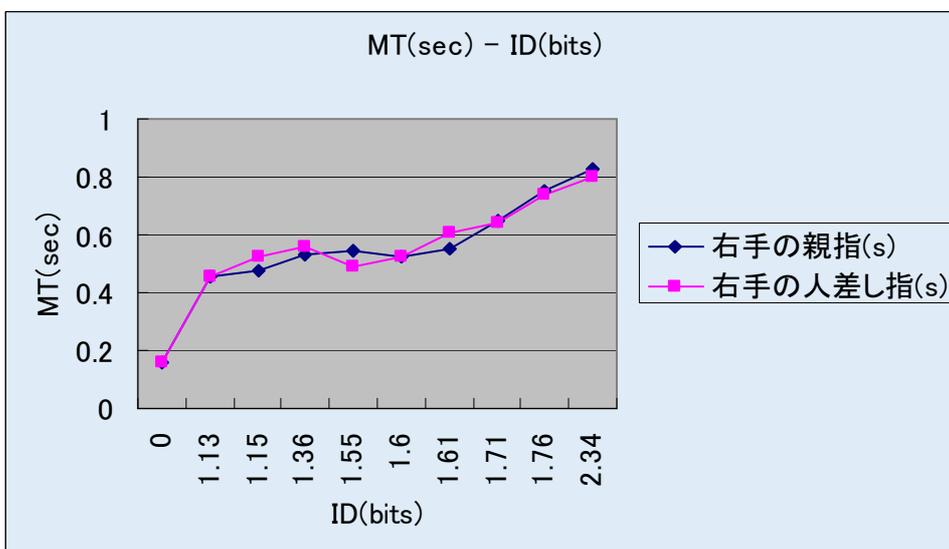
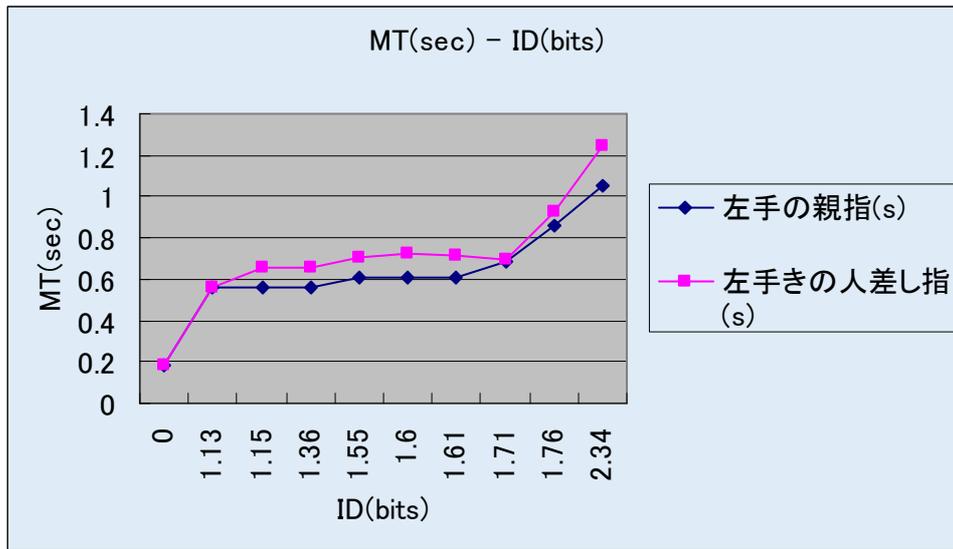


図 1 2

図 1 2によって、2つのグラフがあまり変化しないが、表 6 したがって、MT が小さい値はほとんど右手の人差し指で入力する。

したがって、右手の人差し指で入力するのは速い。仮説により当てはめなかった。



は

図 1 3

図 1 3によって、よく分かる左手の人差し指で入力するのは親指よりも、速い。

考察:

全部のタスクで、右手で入力すると、右手の人差し指で入力するのは速い。逆手で入力すると、左手の親指で入力するのは速い。二つともの結果を比較し、一番早い処理時間は右手の人差し指で入力するときである。

まとめ 2 :

このように、一番速い処理時間は右手の人差し指で入力するということが分かった。

まとめ:

実験1と実験2の結果によって、人差し指で入力するのは親指で入力するにより、速い。
更に、上手な言語を入力するとき処理時間が速くなる。

参考 :

<http://www.yorku.ca/mack/gi02-poster.html>

<http://electronics.howstuffworks.com/question641.htm>

<http://www.vcalc.net/Keyboard.htm>

<http://www.psychologymatters.org/pushbutton.html>

<http://www.phonetic.com/phrases/trivia.html#keypad>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Calculator>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Dial>

<http://www.cs.umd.edu/class/fall2002/cmsc838s/tichi/fitts.html>

http://ei.cs.vt.edu/~cs5724/g1/lecture_slides/index.htm

<http://dynamicnetservices.com/~will/academic/GI02-Poster.pdf>