

幼児用自転車の制動に関する研究

愛知県立大学 星川 保, 豊島進太郎
名古屋学院大学 亀井 貞次
名古屋大学 松井 秀治
自振協技術研究所 浜崎 健輔

まえがき

先に、我々は5才児を対象として、車輪の呼び12および14型幼児用自転車の制動について調査研究を行い、幼児用自転車のハンドルレバー幅に関し、幼児手掌長が考慮されていないことなどを指摘した。本研究も前述の研究をさらに発展させようとするもので、対象者を小学校1年生として、自転車疾走時の制動および制動動作の実態を明らかにしようとするものである。交通手段としての役割よりも、遊び道具として大きな意味をもつ幼児用自転車では、いかに快走するかということよりも、いかに停止するかが安全上の重要な問題である。

1 研究方法

1.1 被検者

愛知県豊明市々立双峰小学校第1学年に在学する自転車運転可能な男子41名、女子43名を被検者とした。

1.2 制動動作の記録

被検者に全力に近い努力で自転車を疾走させ、疾走中の被検者に停止信号で停止を指示して急停車させた。このときにおける制動動作を前方および側方からボレックス高速シネカメラ(90こま/s)およびキャノンモード

ライブカメラ(9こま/s)によって撮影した。

1.3 制動に関する時間的分析

(1) 走路に沿って4基の信号を5mおきに設置し、被検者に全力に近い努力で自転車を疾走させ、4基の信号のうち1基を乱数表によって赤信号(停止信号)として急停車させ、そのときの反応時間、制動時間(または制動距離)を電気的に測定*した。測定は無線方式で行った(図1, 写真1)。

(2) 疾走する車を全力に近い努力で追走し、前走車の急ブレーキ信号(赤ランプの点灯)を見て急停車をさせそのときの反応時間、制動時間(または制動距離)を電気的に測定*した。測定は無線方式で行った(図2, 写真2)。

*1) 自転車の速度および制動距離の測定: 自転車の速度および制動距離はマグネット・コイル方式によった。すなわち、マグネットを自転車の後輪リムに、コイルをチェーンステーに取り付け、リムの回転によってマグネットがコイルの下を通過するときに生じる誘起電流をオシログラフ上に記録させ、この記録から速度および制動距離を求めた。

*2) 制動動作の始点の記録: ブレーキワイヤにマイクロスイッチを取り付け、ブレーキレバーの操作とともに電気回路がoffとなるようにし、この信号を動作の始点として記録した(写真3)。

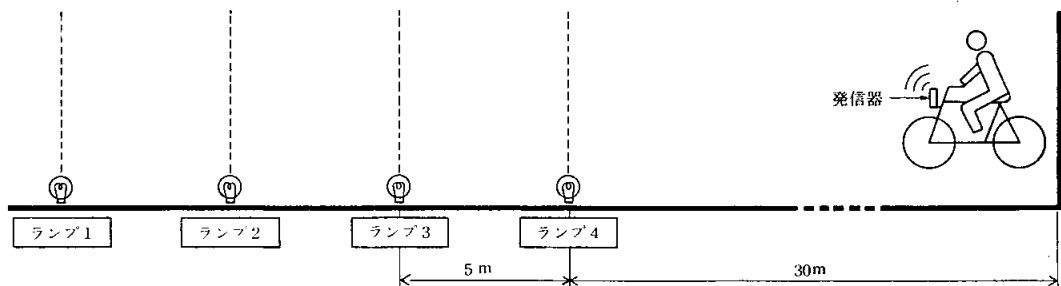
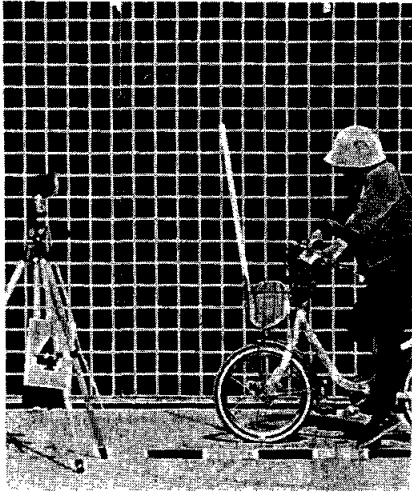
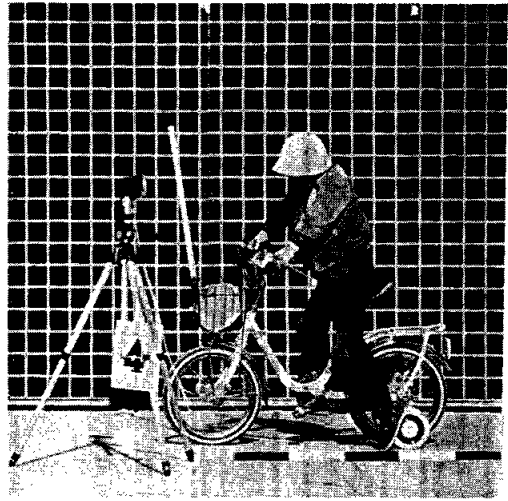


図1 固定信号を見て急停車をする場合



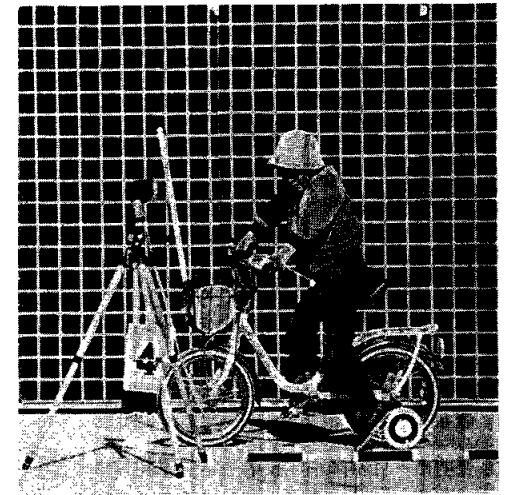
1



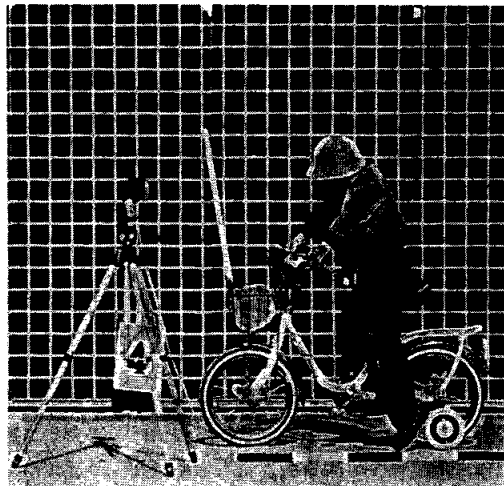
4



2



5



3

写真1 固定信号を見て急停車をした場合 (9 こま/s)

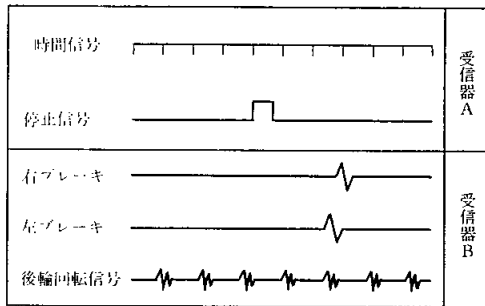


図2 前走車の停止信号を見て急停車をする場合

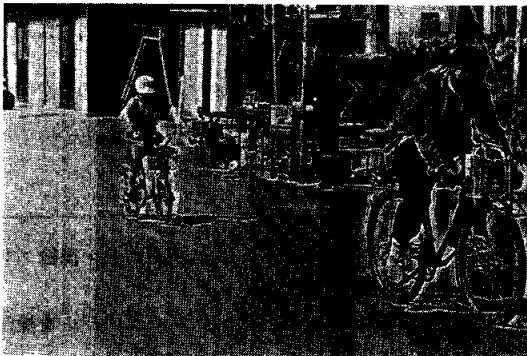
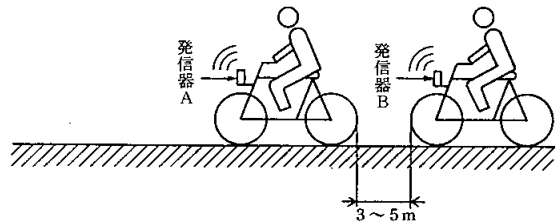


写真2 前走車の停止信号を見ての急停車

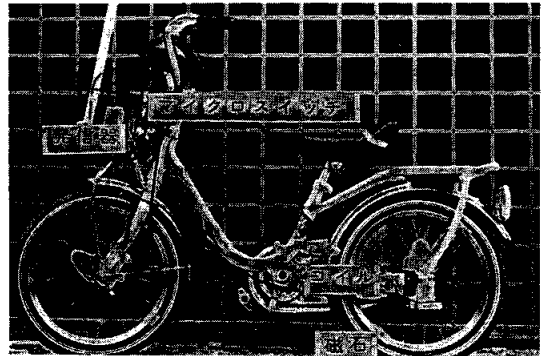


写真3 実験車の仕様

*3) 信号の無線搬送: 各信号の搬送は FM-FM による無線多重搬送方式によった。自転車に71mm×114mm×27mm, 重さ200g, 4チャンネル発信機を取り付けた。4チャンネルのうち, 1チャンネルに車輪の回転を示す信号を, 他の2チャンネルにそれぞれ左右のブレーキワイヤからの信号を誘導し, 76.47MHzのVHFバンドで搬送をした。

1.4 反応時間の測定

停止した自転車に乗車し, 赤ランプの点灯を見せてハンドブレーキレバーを急速に引かせた。このときの所要時間を反応時間とした。

表1 供試車

製造会社名	記号	名称
ツノダ自転車㈱	18型ジュニアミニ	マイクロマン18
"	16 "	マイクロマン16
日米富士自転車㈱	BB18-B	富士ブンブン18
"	BB16-B	富士ブンブン16
ブリヂストンサイクル㈱	YL-18G	ヤングリーグ
"	DL-16	ドレミリーグ

表2 単純反応時間 (s)

	男	女
良い場合	0.366±0.07	0.361±0.06
劣る場合	0.413±0.07	0.522±0.13

1.5 供試車

表1のとおりである。

2 結果

2.1 反応時間

停止した自転車に乗車した状態で, 光刺激によって測定した反応時間の平均値を表2に示した。2回の試行について成績の良いものと悪い場合とにまとめて平均値を算出した。

男子の成績のよい場合の平均値は0.366±0.07s, 悪い場合の平均値は0.413±0.07sであった。女子の場合ではそれぞれ0.361±0.06s, 0.522±0.13sであった。2回の試行のうち, 成績の良い場合については男女間で統計的な有意差を認めることができなかったが, 成績の悪いデータについては, 男女間に0.1%水準で統計的に有意な差が認められた。女子の平均値は男子のそれよりも約26%遅かった。

2.2 固定信号を見て急停車した場合

(補助輪つき自転車)

被検者が停止信号前5m地点通過時に信号を赤とした場合の, 被検者の反応時間, 空走距離, 制動直後の速

表3 平均走行速度、反応時間、空走距離、制動後速度、制動距離（固定信号を見て急停車した場合）

	平均走行速度 (km/h)	反応時間 (s)	空走距離 (m)	制動後速度 (m/s)	制動距離 (m)
男	11.48±1.94	0.955±0.62	3.05	1.83	0.84±0.57
女	10.71±1.71	1.052±0.39	3.13	1.15	0.58±0.29

表4 平均走行速度、反応時間、空走距離、制動後速度、制動距離（前走車の停止信号を見て急停車した場合）

	平均走行速度 (km/h)	反応時間 (s)	空走距離 (m)	制動後速度 (m/s)	制動距離 (m)
男	16.41±2.10	0.669±0.190	3.16	3.34	1.33±0.72
女	15.06±1.43	0.756±0.149	3.05	3.25	1.59±1.10

度、制動距離を表3に示した。なお、平均走行速度は男子で11.48km/h、女子で10.71km/hであった。

男子の反応時間は0.955±0.62s、女子のそれは1.052±0.39sであり、女子は男子よりも約10.2%遅かったが、この差は統計的に有意なものではなかった。平均走行速度より計算によって求めた空走距離は、男子で3.05m、女子で3.13mであった。

制動直後の走行速度は、男子の場合約43%減の1.83m/s、女子では約61%減の1.15m/sであり、制動距離は男子で0.84m、女子で0.58mであった。

2.3 前走車の停止信号を見て急停車した場合（補助輪なし）

被検者が前走する車（車間距離：約3～5m）の停止信号を見て急停車した場合の、被検者の反応時間、空走距離、制動直後の速度、制動距離を表4に示した。なお、平均走行速度は、男子で16.41km/h、女子で15.06km/hであった。

男子の反応時間は0.669±0.190s、女子のそれは0.756±0.149sであり、女子は男子よりも約13%遅かったが、この差は統計的に有意なものではなかった。平均走行速度より計算によって求めた空走距離は、男子で3.16m、女子で3.05mであった。

制動直後の走行速度は、男子の場合約27%減の3.34m/s、女子では約22%減の3.25m/sであり、制動距離はそれぞれ1.33mと1.59mであった。

2.4 制動動作

表5に示すごとく、足ブレーキを使用したものは約5%であった。ハンドブレーキの使用については左右のブレーキレバーを同時に引く例が33.3%と最も多く、次いで左（後輪）ブレーキレバーを引き、わずかに遅れて右（前輪）ブレーキレバーを操作する例が24%であった。左ブレーキレバーだけを操作するものが17.3%あった。右ブレーキレバーを操作し、わずかに遅く左ブレーキレバーを引く者や、右ブレーキレバーだけを使って停車させる者は少なかった。すなわち、約41%の者が後輪ブレ

表5 ブレーキ操作の内訳 (%)

左（後輪）のみ	17.3%
右（前輪）のみ	9.3
左～右	24.0
右～左	16.0
左・右同時	33.3
足ブレーキ併用	5.0

ーキ主導型であり、また、約50%以上が前輪・後輪ブレーキを同時に操作していた。

制動時の乗車姿勢は、男子ではブレーキレバーを操作している側のひじや肩が張った状態の者が多かった。停車、あるいは減速時の動作としては、停車してから片足を接地する例が最も多く約45%に見られた。減速させながらハンドルを右あるいは左に切る者、減速しながら降車するもの、両足を左右に開きながら減速する者などは、いずれも少なかった。ただ、実験設定上、現実の危険物や障害物がなかったので停止信号に反応して減速し、十分に減速した後、降車することなくふたたび走行を続ける者が約33.3%いた（写真4参照）。

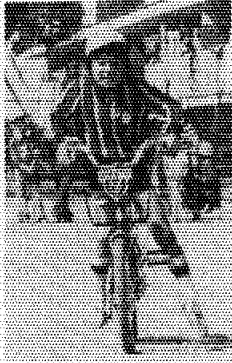
3 考 察

3.1 反応時間、空走距離

眼から入った信号が知覚神経を伝わり、これが大脳の知覚領に入り、知覚領の興奮が運動領に伝わり、運動領の神経細胞が興奮して、この興奮が大脳からせき髄を下る神経を通り、さらに、これが運動神経を伝わって筋に興奮を伝えるのである。この経路に要する時間が反応時間である。本実験においては、眼から入った停止信号が大脳の知覚領、運動領を経由して手まで伝わり、ハンドブレーキレバーが操作されるまでの時間である。反応時間は子供では成人よりも長く²⁾、また、訓練によっても短縮するといわれる³⁾が、猪飼⁴⁾によれば反応時間の限界は0.1sである。

信号を見たり、聞いたりして電鍵（けん）を押すような単純な動作の反応時間を単純反応時間といい、信号に

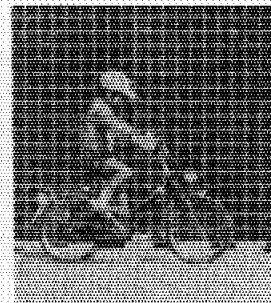
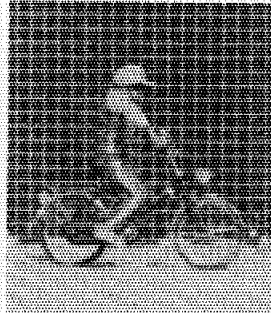
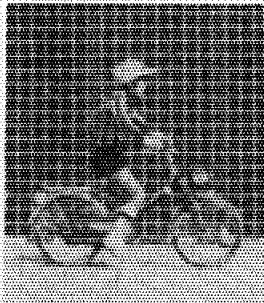
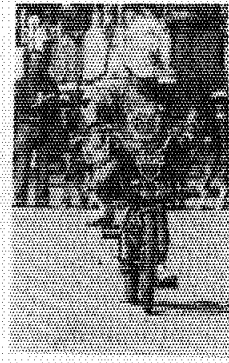
1



2



3



4



5



6

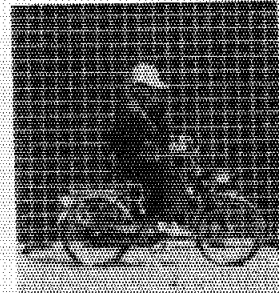
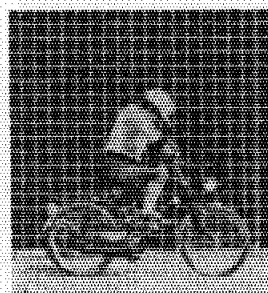
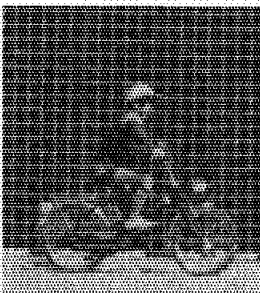
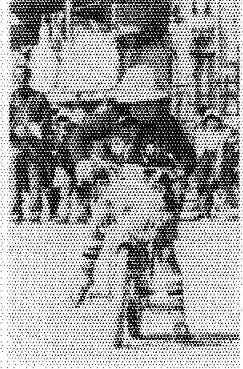


写真4(1) 前方、側方から見た制動動作

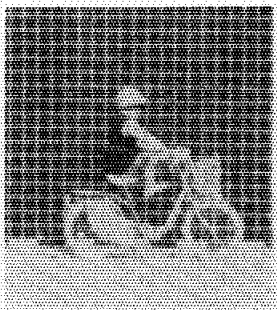
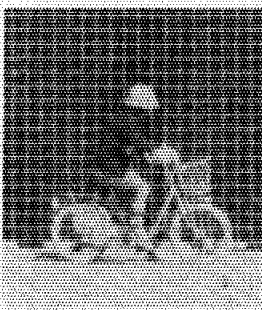
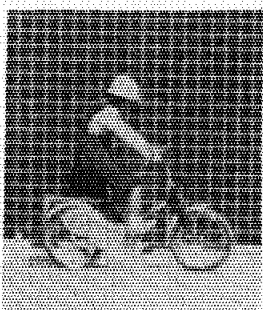
7



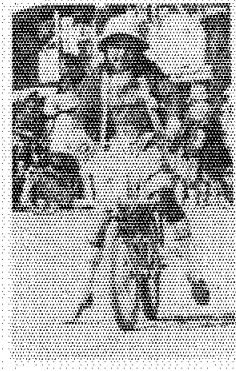
8



9



10



11



12

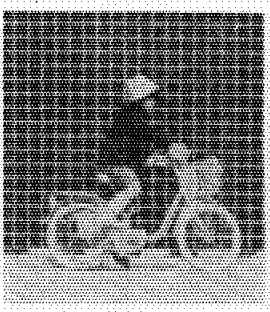
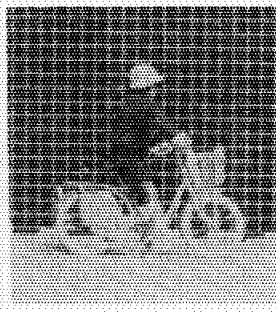
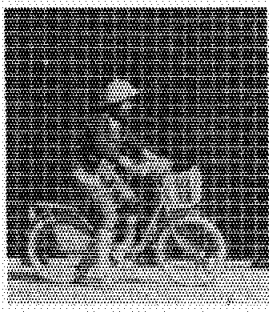


写真4(2) 前方、側方から見た制動動作

反応して跳び上がるというような全身的な動作の反応時間を全身反応時間という。単純反応時間は全身反応時間よりも短い。山田ら⁹⁾は6才児の単純反応時間を男子で0.357 s、女子で0.379 sと報告しており、本実験で得られた値と大きな差はなかった。信号を見てブレーキレバーを操作する反応は単純反応に近いものである。

しかし安全上問題なのは静止時の反応時間ではなく、運転時の反応時間である。運転時の反応時間は静止しているときの反応時間よりも遅延した。すなわち、進行左側の信号を見て急停車させた場合では、男子で0.955 s、女子で1.052 sであり、静止した状態の場合よりも161%、191%のそれぞれ遅延であった。また、前走車のテールランプを見て急停車させた場合では、男子で0.669 s、女子で0.756 sであり、静止状態の反応時間よりも83%、109%それぞれ遅延した。側方に置かれた信号の場合が前走車の信号を判断する場合よりも遅れるのは、周辺視⁹⁾などの影響にもよると考えられる。

停止信号が呈示されてからブレーキレバーが操作されるまでに上記の時間が空費される。この間に自転車が空走する距離を計算から求めると、男子で3.05~3.16m、女子で3.05~3.13mであった。この距離は走行速度が高まれば高まるほど延長するし、反応時間が遅れるほど、延長する。一般の道路上走行では実験とは異なり常に緊急事態を予期し、意識を制動に集中しているわけではなく、不意に起こる緊急事態に反応するわけで、反応時間は本実験の場合よりも、さらに延長すると考えるのが妥当である⁷⁾。

また、空走距離とブレーキが操作されて停車するまでの制動距離との比を求めてみると、男子では固定信号の場合に78:22、前走車の停止信号の場合で70:30、同様に女子ではそれぞれ84:16、66:34であった。林、浜崎⁹⁾は成人女子について、全制動距離のうち空走距離の占める割合を約40%と報告しているが、幼児の場合では、全制動停止距離の70~80%を空走距離が占めた。幼児の空走距離が成人よりも延長することは、幼児の反応時間が成人よりも遅く、特に、反応時間を構成するところの反応開始時間が著しく遅いことと関係していると思われる。したがって、幼児の自転車制動においては、成人の場合よりも一層強く人間側の特性がブレーキ性能以上に関与しているといえる。

3.2 制動動作について

制動動作には一定の傾向は見られなかったが、かなり力強い動作を必要とするのか、肩や腕を突っ張ってブレーキレバーを引いている例が、速度の高い男子の場合に多く見られた。また、幼稚園児(5才児)の場合ほど、足ブレーキを使用する者はいなかったが、大部分の被験

者は停車後転倒防止のために足を着地させる。したがって、足が地につくようなサドルの高さ、あるいは、いつでも容易に降りることのできるU形車体は安全上必要なことと思える。

人間においては、高等な精神活動も含め利き脳は左の大脑半球であり、利き手も右利きが圧倒的に多い。しかし制動装置は左手中心に作られており、実際の制動動作においても左手優先の傾向が見られた。

ま と め

幼児(6才)における自転車制動動作を固定停止信号に対する急制動反応、および前走車の停止信号に対する急制動反応について検討を行った。

- (1) 全力走行速度は、補助輪つき自転車で男子の場合11.5km/h、女子で10.7km/h、補助輪なし自転車で男子16.4km/h、女子15.1km/hであった。
- (2) 静止した自転車に乗車した姿勢で測定した反応時間は、男子で0.366 s、女子で0.361 sであり、男女間に有意な差はなかった。
- (3) 固定した信号の停止合図に対する反応時間は、男子で0.955 s、女子で1.052 sであり、男女間に有意な差は認められなかった。
- (4) 前走車の停止合図に対する反応時間は、男子で0.669 s、女子で0.756 sであり、男女間に有意な差は認められなかった。
- (5) 全制動停止距離に占める空走距離の割合は70%以上であった。
- (6) 制動動作には一定の傾向は見られなかったが、足ブレーキを使う者は少なく、左ブレーキを操作するもの、あるいは左右ブレーキ同時使用者が多かった。

引用文献

- 1) 松井秀治, 星川保, 亀井貞次, 北村深和, 池上康男: 品質性能調査研究(幼児車), III 幼児の自転車走行の実態と運動機能について, 昭和50年度自転車の品質性能調査研究報告書, p.77~103, 自転車産業振興協会, 1975
- 2) 林香苗: 日本人並に日本産医学実験動物の解剖学及び生理学計数, p.591, 文京書院, 1965
- 3) Westerlund, J. H. and W. W. Tuttle: Relationship between running events in track and reaction time. Res. Quart. 2: p.95~100, 1931
- 4) 猪飼道夫: 動作に先行する抑制機構, 生理学雑誌, 17, p.292~298, 1955
- 5) 山田久恒: 同一児童, 生徒の年次類進的に見た身体諸機能の発達について(その1)単純反応時間, 体育学研究, 第7巻, 1961
- 6) 須見芳紀, 小林禎三: 周辺視の反応時間について, 日本体育学会第25回大会号, p.246, 1974
- 7) 猪飼道夫: 反応時間をめぐって, 体育の科学, 3, p.162~164, 1953
- 8) 林博明, 浜崎健輔: ブレーキの機能と人間の制動特性[第1報]—ミニサイクルと婦人軽快車について—自転車技術情報No.1, p.35~66, 自転車産業振興協会, 1978