

モビリティ技術活用による新しい児童通学スタイルの検証

Verification of New Going to Elementary School Style by Utilizing Mobility Technology

○稲葉 智之^{*1}, 渡辺 俊^{*2}
Tomoyuki Inaba^{*1} and Shun Watanabe^{*2}

*1 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 博士前期課程

Graduate student, System Information Engineering, Univ. of Tsukuba

*2 筑波大学 システム情報系社会工学域 教授・博士 (工学)

Prof., System Information Engineering, Univ. of Tsukuba, Ph. D. in Eng.

キーワード : 茨城県; e-bike; 自転車; 所要体力; METs; 通学路

Keywords: Ibaraki Prefecture; e-bike; bicycle; Required physical strength; METs; School road.

1. はじめに

児童人口の減少, 管理運営自治体の財政健全化政策などを背景に全国各地で小学校の統廃合が進んでいる. その結果, 1校が受け持つ学区の面積は, Table 1.に示す通り拡大を続けており, 近年その拡大率は増加傾向にある.

Table 1. 小学校学区平均面積の算出と変遷

西暦	全国小学校数	1学区平均面積 (km ²)
1980	24945	4.9245
2000	24106	5.0959
2010	22000	5.5838
2020	19526	6.2912

※国土に対する可住地面積比率を 32.5%として算出.

また, 朝倉¹⁾の調査によると通学距離が 3km を超えるとバスや自家用車の利用が急増することから, 学区面積拡大に伴い, 自力通学者は減っていくものと予想する. 一方で統廃合について, 市区町村を対象とした文科省のアンケート結果によると, 魅力的な学校づくりや統合の効果への関心を抑えて, 交通事情やスクールバスへの懸念や補助要望が高くなっている. つまり, 小学校の統廃合の必要性は十分理解しているものの, その結果, 発生するスクールバス運行の財政負担が自治体の懸念材料となっている可能性がある. また, これまでの集団徒歩通学によって得られていた健全な心身発育への影響については, 文科省も対策が必要であるとしている.

本稿では, 徒歩通学の限界距離を超えて, バスや保護者送迎に頼ることなく自力通学できる範囲における自転車通学に着目し, 特に近年人気の, e-bike と呼ばれる運動性能を向上させた電動アシスト自転車を使った通学の可能性を検証する. 対象地については, 都市・農村・山間など地理的に多面的要素を持つ茨城県とした.

2. 自転車通学実施校現地調査

2.1. 調査背景

小学校の通学については, 距離は概ね 4km 以内, 時間は概ね 1 時間以内などの目安は文科省から示されているものの, 自転車通学の実施基準や具体的な運用については, 各自治体や各学校の判断に委ねられている. そこで手始めに, 実際に自転車通学を実施している小学校の通学路を現地調査することとし, T 市 K 小学校を 2020 年 6 月 24 日に訪問した. 学校の先生から自転車通学の詳細 (後述) をお聞きしたうえで, 自転車通学路を確認しつつ, 自転車通学児童居住地へと向かった.

2.2. 通学路

約 4 km の道のりは, 高低差が少なく, 6m 車道+2m 片側歩道がほぼ全区間で整備されていた. 車両通行量は少なく, その反面, 時々通過車両は早いスピードで走行していると感じた. しかし, 歩車道境界ブロックにより区別された広い歩道を通行していれば, 通学児童の安全は十分図ることができる.



Fig. 1. K 小学校自転車通学路

2.3. 自転車通学児童居住地と住民ヒアリング

居住地は3地区あり、そのうちのF地区とT地区を確認することができた。F地区は、高度経済成長期につくられた住宅団地、T地区は古くからの農村集落である。訪問したのは水曜の午後3時頃であったが、人や車とすれ違うことはほとんど無かった。外で作業をしている方を見つけ、何名かの方にこの地区の通学について、以下のような意見を聞くことができた。



Fig. 2. 自転車通学児童居住地 F 地区

- ・昔は、子供がたくさんいて、みんな自転車で通学していた。当時は、自転車通学が当たり前だった（50代女性）
- ・私のころは、雨でも重い自転車で通った。大雪のときは4時間かけて歩いていった。自転車通学は賛成。根性がつく。健康になる。（60代女性）
- ・自分の子には自転車で通わせたい。体力がつくと思う。バスがあるなら利用するかも。（20代4才児の母親）
- ・小学生に自転車通学はかわいそう。雨の日は保護者が送迎することになって家族の負担も増えるし。バスを使わせてあげたい。（70代女性）
- ・このあたりは、砂埃がよく舞う。自転車にはあまりよい環境とは思えない。（50代女性）
- ・途中、転んで血だらけになって通った記憶がある。最近に変質者の心配もある。バスがよい。（30代男性）

自転車通学に対して賛否両論であった。わかったことは、この地区では少なくとも50年以上前から自転車通学が行われていたということである。半世紀以上に渡る自転車通学の歴史のなかで、通学時の安全について様々な取り組みがあり、その一環として延々と続く広い歩道の整備があったことも推察される。

3. 自転車通学実態調査

3.1. 調査方法

K小学校の現地調査を踏まえ、自転車通学の実態把握には、多くの実施校の状況を確認する必要があると判断し、県内公立の実施校に対して、調査票を配布することにした。

県内44市町村に対して主に各教育委員会HPの問い合わせフォームから実施校の紹介を依頼し、紹介のあった実施校に対して、調査票をEメールで配布・回収を行った。

Table 2. 自転車通学実態調査票配布・回収概要

教育委員会問合せ件数	44全市町村
有効回答数	36市町村
自転車通学実施校把握数	13校
調査協力校数	10校
調査票配布期間	2020年7月下旬～8月上旬
調査票回収期限	2020年8月21日
調査票有効回答数	10校（回収率76.9%）
回答者属性	各校教諭代表者1名

3.2. 回収データ集計

以下、回収して得られたデータを示す。

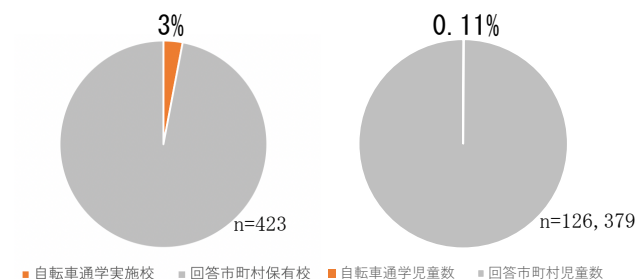


Fig. 3. 回答市町村に占める自転車通学実施校の割合と自転車通学児童数の割合

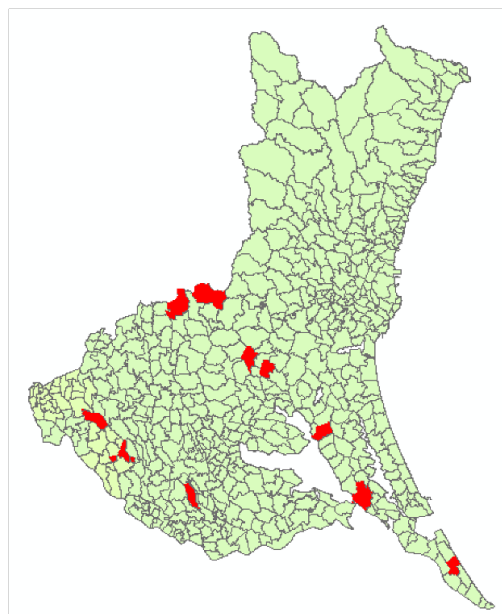


Fig. 4. 自転車通学実施校の学区位置

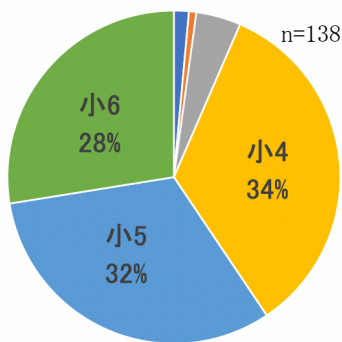


Fig. 5. 自転車通学児童の学年構成

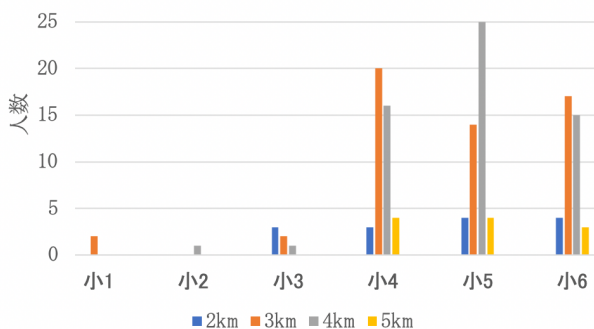


Fig. 6. 学年毎の自転車通学距離とその人数

Table 3. 過去5年間における自転車通学中の事故発生状況

※事故発生率は、H30年度小学5年の平均授業日数203.3日を基に算出。

	死亡	重傷	軽傷	外傷なし	事故発生率
令和2年度(上半期)	0	0	0	1	0.0036%
令和元年度(平成31年度)	0	0	0	0	0.0000%
平成30年度	0	0	2	0	0.0027%
平成29年度	0	0	2	0	0.0043%
平成28年度	0	0	0	0	0.0000%
計	0	0	0	5	0.0020%

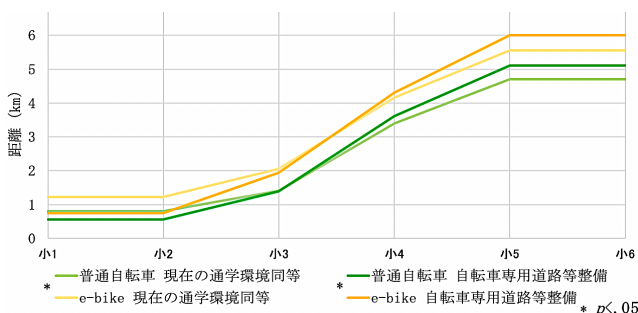


Fig. 7. 回答者個人意見の集計平均値による学年毎の自転車通学限界距離

3.3. 調査結果考察

県内全小学校児童数、141, 194名(令和元年度)のうち、少なくとも10校138名の児童が自転車通学を実施していることが判明した。地理的にはFig. 4.に示すとおり、10校とも県南部の関東平野に位置しており、比較的平坦な通学路で構成されている。通学児童を学年別にみるとFig. 5.に

示す通り、小4以上の学年が9割以上を占める。また、通学距離については、Fig.6.により、多くの児童が3~4kmの距離を通っていることがわかる。これらは10校のうち、7校で、小4以上又は3km以上を自転車通学許可条件としていることによる。高学年限定の措置とともに安全教育を実施している学校が多く、その結果がTable 3.に示す事故発生件数の少なさに表れている。e-bikeを使用した通学の可能性を探るべく、普通自転車と比較した場合、どの程度通学距離を延長できるか意見をいただいた回答集計がFig. 7.である。なお、回答者へのe-bike予備知識として、▶軽量化しスポーツ性能を向上させた電動アシスト自転車であること。▶時速10kmまでは漕ぐ力の2/3をモーターが負担すること。▶時速10km超でアシスト力が減衰しはじめ、時速24km超で完全自力走行となること。を設問に付記した。また、交通環境向上による延長の可能性も同時に確認するため、自転車専用道路や専用レーン整備の有無を追加条件とした。結果、同じ交通環境であれば、小4以上でe-bikeが約1km程度通学距離を伸ばした。最後に自由記述により意見をいただいたところ、低学年の自転車使用は専用道路が整備されても危険であるとの意見が何名かの先生からあった。また、中学校では自転車通学が主流になることから、高学年時から自転車通学に慣れさせる意味合いがあるという教示もいただいた。

4. 普通自転車とe-bikeの所要体力差

4.1. METsと所要体力値定義

自転車通学実態調査によって得られた知見から、現在実施されている小学4年生以上による普通自転車通学時の所要体力を基準とした場合のe-bikeによる体力軽減又は距離延長がどの程度可能になるのか定量的評価を行う。指標として、(独)国立健康・栄養研究所が定義する睡眠などの安静時の身体活動強度を1としたときの各種活動量を表すMETs値を使用する。普通自転車とe-bikeのMETsについて、同研究所や高石ら²⁾による数値を参考に、道路勾配に応じたMETs表を作成した。(下りは参考値)

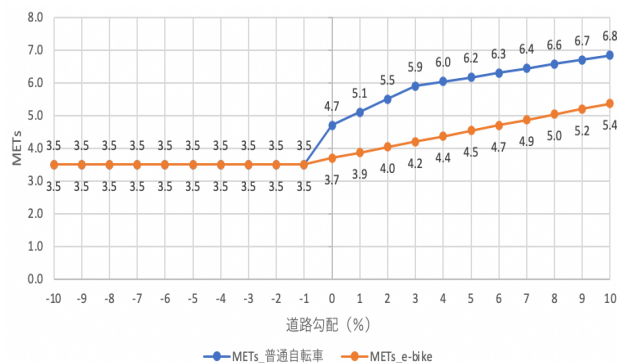


Fig. 8. 道路勾配に応じたMETs

続いて所要体力について、以下のとおり定義する。

$$METsD = \sum_i^n METs_i \frac{l_i}{\cos \theta_i} \quad (式 1)$$

ただし、 $METsD$: 1 通学路における所要体力
 $METs_i$: 道路リンク*i*における METs
 l_i : 道路リンク*i*の水平投影長さ
 $\cos \theta_i$: 道路リンク*i*の平均勾配

4.2. 各通学路の METsD 算出

自転車通学実態調査により得られた児童居住地町丁目情報を使い、GISにより通学路を設定する。なお、加重平均により居住地重心点を算出し、出発点とした。道路情報は OpenStreetMap より入手のうえ、各交差点をノードとして道路リンクを構成し、通学路に不適な高速道路や敷地内道路、階段等を除外、基盤地図情報から標高データを DL し、道路リンクのサーフェス属性として追加したのち、最短経路探索を行い、通学路を構成する。通学路道路リンク属性のうち、必要なデータを抽出し、(式 1)により METsD を算出する。

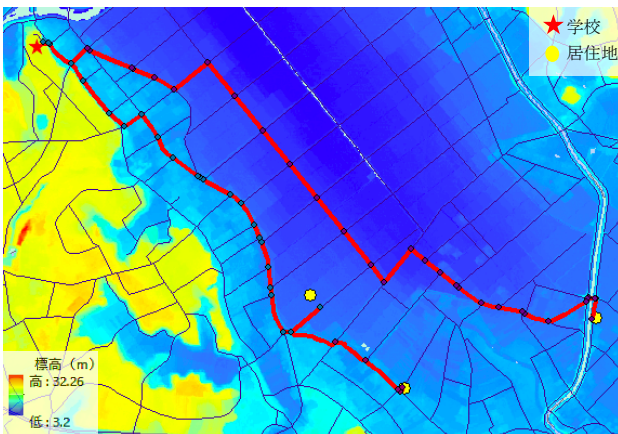


Fig. 9. I 小学校 3 地区における自転車通学路モデル

Table 4. I 小学校 N 地区の通学路道路リンク属性の一部

ID	Z_Mean	Avg_Slope	Z	SLength	Add_SLength
1	8.41091769	1.126546165	8.459380183	512.2582779	512.2582779
2	10.34491622	1.492176558	10.12046524	36.42873537	548.6870133
3	9.868322901	-0.784577234	10.42025725	188.6168233	737.3038366
4	9.236624968	-0.480859889	9.331743887	38.01751113	775.3213477
5	8.979833564	-0.533172975	9.160303796	100.2797025	875.6010502
6	9.089972938	0.612139545	8.891910265	129.5541312	1005.155181
7	9.336941672	1.059892197	9.252608005	22.59871343	1027.753895
8	9.69460007	0.692244624	9.466395827	69.94194404	1097.695839
9	10.09171571	0.735644059	9.881506222	124.8957628	1222.591602
10	10.00067633	-1.268356924	10.07290703	64.93143865	1287.52304
11	9.741505562	-1.5187556	10.00139949	154.8941969	1442.417237
12	9.559332791	-1.482084778	9.547627343	13.02199582	1455.439233
13	9.47720959	-0.462458379	9.478143576	13.36200239	1468.801235
14	9.86804779	0.553706635	9.445803372	153.0676897	1621.686925
15	10.21503545	-0.527856561	10.20129316	131.4195405	1753.288465
16	10.45237241	0.601173533	10.06039551	134.7078429	1887.996308
17	10.81322665	1.61951126	10.78361541	103.1117896	1991.108098
18	11.35889433	-1.563104872	11.73214251	94.70813738	2085.816235
19	11.08885351	-1.286825481	11.25495997	207.6416679	2293.457903
20	11.27841086	2.053338583	11.05291908	102.4626668	2395.92057
21	11.49744139	1.097064179	11.47815397	144.7012155	2540.621786
22	11.64283625	-1.605757337	11.74493014	9.178561533	2549.800347
23	15.67363326	6.339992183	11.61438833	96.67987422	2646.480221
				14.99713886	

なお、Fig. 8. のとおり、METs は上り下り方向で数値に違いがあることから、登下校で METsD に変化が生まれるこ

とに注意してデータを整理していく。(Fig. 10.)

以上の作業を 29 地区で行い、得られた METsD の結果を Table 5. に示す。

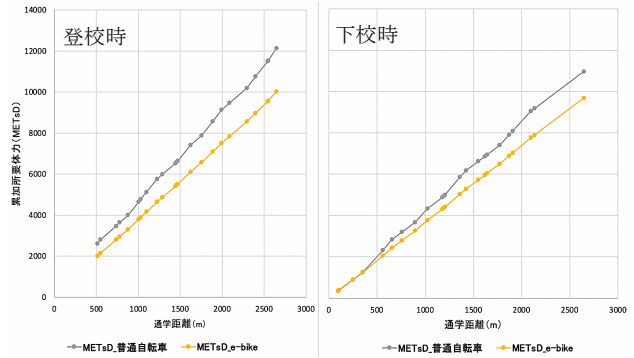


Fig. 10. I 小学校 N 地区の通学距離に応じた登下校別累加所要体力

Table 5. 29 地区の METsD

ID	居住地名	登校 *			下校 *		
		METsD_普通自転車 (b)	METsD_e-bike (e)	(e) / (b)	METsD_普通自転車 (b)	METsD_e-bike (e)	(e) / (b)
1	T 市 J 地区	10753.957	8979.947	0.835	10.842.727	9.040.448	0.834
2	T 市 H 地区	16.508.594	13.402.199	0.812	15.027.699	13.032.801	0.867
3	T 市 F 地区	17.999.004	14.586.020	0.810	17.230.924	14.372.997	0.834
4	N 市 T 地区	16.175.366	12.595.263	0.779	12.443.454	11.418.014	0.918
5	N 市 M 地区	13.530.651	11.464.719	0.847	13.745.642	11.602.865	0.844
6	K 市 G 地区	8.370.396	7.394.778	0.883	9.095.678	7.570.099	0.833
7	H 市 J 地区	8.708.055	7.158.825	0.822	7.984.716	6.813.742	0.855
8	H 市 I 地区	11.961.238	10.250.971	0.857	12.728.794	10.696.703	0.840
9	H 市 D 地区	11.943.143	10.947.460	0.917	16.117.724	12.383.765	0.768
10	H 市 C 地区	4.410.853	3.665.639	0.831	4.372.131	3.668.636	0.839
11	O 市 J 地区	16.929.326	13.724.212	0.811	15.442.055	13.396.045	0.868
12	S 市 S 地区	18.560.429	17.102.969	0.921	25.846.916	20.934.685	0.810
13	S 市 R 地区	16.960.736	15.806.576	0.920	21.064.778	16.581.454	0.767
14	S 市 Q 地区	12.530.236	11.215.525	0.895	14.518.947	11.633.118	0.801
15	S 市 P 地区	14.159.697	12.536.643	0.885	16.024.797	12.932.916	0.807
16	S 市 N 地区	12.389.357	11.321.805	0.914	15.579.807	12.192.461	0.783
17	S 市 M 地区	10.130.844	9.053.019	0.894	11.912.242	9.416.310	0.790
18	S 市 L 地区	8.423.700	7.510.760	0.892	10.005.846	7.948.153	0.794
19	S 市 K 地区	11.899.669	9.939.722	0.835	12.014.401	10.073.233	0.838
20	S 市 J 地区	14.461.887	12.875.831	0.890	17.374.690	13.669.733	0.787
21	S 市 I 地区	11.899.669	9.939.722	0.835	12.014.401	10.073.233	0.838
22	S 市 H 地区	8.465.535	7.160.906	0.846	8.870.727	7.297.611	0.823
23	S 市 G 地区	10.124.118	8.960.987	0.885	11.978.159	9.454.495	0.789
24	S 市 F 地区	14.468.883	12.292.676	0.850	15.105.987	12.433.364	0.823
25	S 市 E 地区	17.516.537	14.720.698	0.840	16.964.339	14.604.628	0.861
26	B 市 D 地区	14.780.234	12.177.902	0.824	13.306.463	11.761.119	0.884
27	B 市 C 地区	12.131.236	10.023.021	0.826	10.971.356	9.684.712	0.883
28	B 市 B 地区	13.822.340	11.450.133	0.828	13.382.291	11.341.227	0.848
29	B 市 A 地区	18.372.366	15.156.140	0.825	17.269.931	14.887.647	0.862

* $p < .05$

5. まとめ

S 市 S 地区で記録した $\max METsD=25,846.916$ が普通自転車での通学限界体力値となる。e-bike はそのとき 81%まで体力消費を軽減した。これを距離に置き換えれば、e-bike は普通自転車と同じ体力で、平坦な道であれば、さらに約 1.3km 走ることができる。今後はこれらの数値を使い、県内全公立小学校において、e-bike 通学を実施した場合の児童人口カバー率を算出する予定である。

謝辞

お忙しい中、調査票回答にご協力いただいた小学校の先生方をはじめ、教育委員会ご担当者様やご意見をいただいた地域住民の皆様に、心より感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 朝倉隆司, 通学制限に係わる児童生徒の心身の負担に関する調査研究, 平成 20 年, 東京学芸大学
- 2) 高石鉄雄ら, 電動アシスト機能付き自転車による模擬的日常生活走行中の身体活動強度, 日本生理人類学会誌 Vo1, 17, No. 2, 2012-5, pp. 73-81