

筑波大学の歩行時における危険要因の分析とハザードマップの作成

PBL 演習 2 班

関井恭介 櫻井隆之介 竹居直紀 前田龍紀

アドバイザー教員：古川宏

1. 背景

筑波大学では、多くの学生が通学に自転車とともに徒歩を利用している。令和 4 年度の学生生活実態調査（複数回答可）では、徒歩で通学している人の割合は、雨天時以外 35.9%、雨天時 66.4% である。自転車を利用している人の割合は、雨天時以外 85.0%、雨天時 52.2% であることから、自転車で通学している人の中でも歩行する機会があることが考えられる。

歩行者に向けられるハザードの一例として、自転車が考えられる。自転車は通学に便利な手段として多くの人が利用しているが、歩行者と自転車が混在する空間における安全については、全国的に問題視されている。例えば、松山市大街道商店街では、自転車と歩行者の錯綜を問題視し、ニアミスを経験の感知と考へ、走行レーンの明示化と通行規制の施策の効果を評価した（歩行者・自転車の挙動分析にもとづくアーケード商店街における通行区分明示の評価（山中，2004）。また、森らは自転車が歩行者の近くをすり抜ける際の、自転車の速度、歩行者との離隔、物理的なすり抜け幅を読み取り、速度と離隔から求められる歩行者の危険感の評価を試みた。この研究では、すり抜け幅が歩行者の危険感を反映した有効な指標になると考えられる（森ほか，2015）。

我々が通う筑波大学では、過去に自転車事故に関わる考察がされている（リスク工学グループ演習 8 班，2014）。この演習で、筑波大学の自転車運転者の危険行為として、傘さし走行、音楽を聴きながらの走行、並走、追い越しが明らかにされている。また、自転車運転者と同様に、歩行者の数も多いことも明らかにされている。このような自転車の危険行為は歩行者にも影響を与えると考えられる。

2. 目的

このように、歩行者と自転車が混在する空間に存在する危険は社会的に問題視されており、筑波大学内にも多くの自転車・歩行者が通行している。そのうち、自転車による危険行為は調査され明らかにされている。しかし、歩行者の数が多いにも関わらず、歩行者目線の危険度調査は行われていない。

そのため本演習では、筑波大学の歩行者にとって危険な場所と危険要因を調査し、歩行ハザードマップを作成することを目的とする。歩行ハザードマップ作成により、危険地点の周知や危険地点での危険意識向上を期待する。ハザードマップの作成の際に、歩行者に

とってのハザードを危険度として定量的に示す。これは、対策の優先付けにも用いることができると考える。また、危険要因を調査することにより、あまり認知はされていないが危険が潜んでいる地点を調査することが可能となるのではないかと考える。そのような認知されていない地点を追加していくことで、ハザードマップがより効果的なものになると思われる。

3. 手法

本演習ではまず危険地点アンケート調査を行い、筑波大学内の歩行者にとって危険な地点を調査する。危険地点アンケート調査で得られた各地点に対して、危険度アンケート調査と実地調査を行い、各地点の危険度と道幅等の実測データを取得する。次に、それらの結果を分析して主な危険要因を求める。最後に、危険地点アンケート調査と要因分析の結果をもとにハザードマップを作成する。

3.1 歩行時の危険地点アンケート調査

危険地点アンケート調査では、筑波大学周辺で歩行時に危険を感じたことがある地点について 5 つの箇所で学群生、大学院生、教員を対象に聞き取り調査を実施した。調査地点は第 3 エリア食堂前、第 2 エリア食堂前、カスミ筑波大学店前、第一エリア食堂前、医学エリア食堂前である。十分な歩行者および自転車の交通量が見込まれる時間帯に計測を実施するため、大学の授業が行われている平日の昼休みである平日の 11:25 から 12:00 の時間帯に調査を行った。調査に際しては、筑波大学及びその周辺の地図を用意し、各地点付近にいた歩行者に対して口頭で「筑波大学周辺で歩行時に危険を感じた地点とその理由」について質問を行った。

3.2 歩行時の各地点における危険度アンケート調査

危険度アンケート調査は、第 3.1 節の危険地点アンケート調査において 2 票以上の回答が得られた地点（大学会館前や石の広場など 15 地点）を対象とした。その地点における歩行経験と、歩行時に危険と感じた度合いを調査した。危険度は、1 を「ほとんど安全」、5 を「とても危険」として、1,2,3,4,5 の 5 段階の回答方法を設定した。調査方法には Google Forms を用いて、筑波大学に在籍する学群生や大学院生、教職員を対象に設問に回答して頂いた。回答期間は 7 月 18 日から 8 月 6 日とした。

3.3 各地点における歩行時の危険要因に関する実地調査

実地調査では、第 3.2 節と同一の 15 地点を対象に調査を行った。各調査地点では、自転車の交通量、歩行者の通行量、道幅、滑りやすさ、見通しの悪さ、合流地点の数、坂の有無の 8 つの項目について評価を行った。

本研究では、十分な交通量が見込まれる時間帯に計測を実施するため、大学の授業が行われている平日の昼休みである 11 時 25 分から 11 時 45 分の 20 分間を選定した。さらに、危険地点調査において収集した危険要因の確認および新たな危険要因の抽出を目的として現地調査を行った。滑りやすさは路面の材質によるものと考え、路面の材質がタイルの場合を 1、アスファルトの場合を 0 として評価した。見通しの悪さは次の手順で評価を行った。まず調査地点で撮影した写真を左右半分ずつに分割し、各領域で障害物が写真の中を占める割合を 3 段階(0~2)で評価した。このとき広場など障害物がなく見通しが良いならば 0、植木などの障害物で人または自転車が隠れるならば 1、高い壁がある交差点など特に見通しが悪いならば 2 と判定した。次に左右の合計値(0~4)を求め、その値を当地点の見通しの悪さの指標値とした。

3.4 歩行時の危険要因分析

歩行時における危険度に影響を与える要因を明らかにするため、本研究では重回帰分析を用いた。重回帰分析は、特定の結果(目的変数)を説明する際に、複数の要因(説明変数)の影響を定量的に評価し、それぞれの要因が結果にどの程度寄与しているかを数式として表現する手法である。なお、重回帰モデルでは、説明変数と目的変数の間に線形性が成立することが重要な前提条件となる。

本研究では、目的変数として第 3.2 節の危険度調査で得られた 15 地点の「平均危険度(危険度評価アンケートの回答値の平均)」を採用し、説明変数として第 3.3 節で評価した自転車の交通量、歩行者の通行量、道幅、路面の材質、見通しの悪さ、合流地点の数、坂の有無を選定した。

図 1 に、目的変数である平均危険度と説明変数である自転車交通量との関係を示す。この図から、両変数間に線形的な関係が確認されるため、重回帰モデルの適用が妥当であると考えられる。

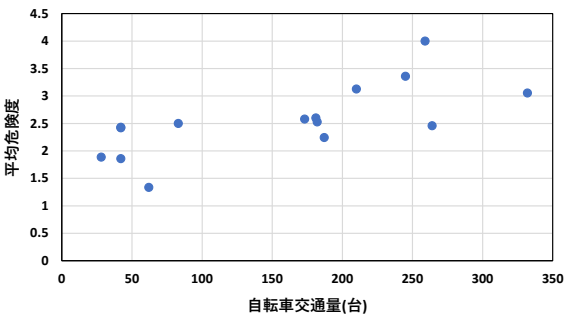


図 1 平均危険度と自転車交通量の関係

4. 結果

4.1 危険地点アンケート調査結果

第 3.1 節の危険地点アンケート調査結果を表 1 に示す。有効回答総数は 118 となった。

表 1 調査地点と有効回答数

地点名	回答数
第 3 エリア食堂前	23
第 2 エリア食堂前	17
カスミ 筑波大学店前	20
第 1 エリア食堂前	35
医学エリア食堂前	14

図 2 は、第 3.1 節の調査において 2 票以上の回答が得られた危険地点を示している。調査結果によると、大学会館前の回答数が最も多く、第 1 エリア前の坂、第 3 エリア食堂前、そして第 3 エリアの坂がこれに続いた。これらの地点は、第 3.2 節の危険度アンケート調査および第 3.3 節の実地調査の対象として選定された。

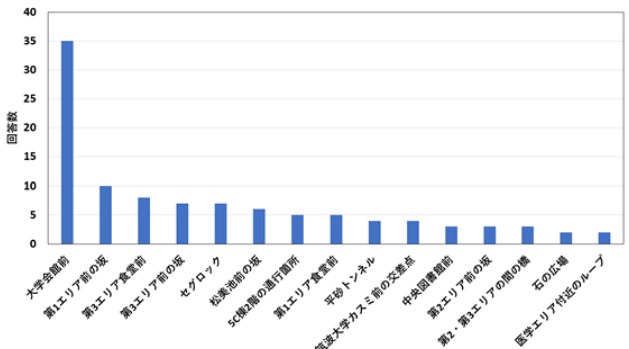


図 2 歩行時における危険地点回答数(2 票以上)

図 3 には、歩行時に危険を感じた主要因を示している。最も多く挙げられた要因は、坂で自転車がスピードを出していることであり、これが多くの歩行者に危険を感じさせていたと考えられる。また、道幅の狭さ、通行量や交通量の多さ、見通しの悪さが次いで多く挙げられた。これらの危険要因も、実地調査の対象とした。

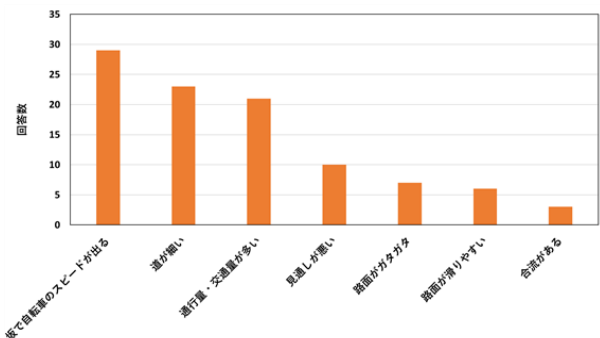


図 3 歩行時に危険と感じた要因回答数

4.2 危険度アンケート調査結果

第 3.2 節の危険度アンケート調査結果を集計し、各地

点の平均危険度を算出した結果を表2に示す。

表 2 各地点の平均危険度

地点名	平均危険度	地点名	平均危険度
大学会館前	4.00	松美池前の坂	3.36
第3エリア食堂前	2.42	5C棟2階の吹き抜け	2.24
平砂トンネル	2.43	CEGLOC	2.50
第2・第3エリア間の橋	2.53	第3エリア前の坂	3.13
第1エリア前の坂	3.05	石の広場	1.33
第1エリア食堂前	1.85	第2エリア前の坂	2.46
中央図書館前	2.60	医学エリアのループ	1.88
カスミ前の交差点	2.58	(平均危険度は、小数点以下第3位を四捨五入した。)	

平均危険度が3.0を超えた地点は、大学会館前、松美池前の坂、第3エリア前の坂、および第1エリア前の坂の4地点であった。一方、第1エリア食堂前、石の広場、医学エリア付近のループについては、平均危険度が2.0を下回り、相対的に危険度が低いと評価された。この調査結果を重回帰分析の目的変数として使用する。

4.3 実地調査

第3.3節の実地調査結果を、表3に示す。
 第3.1節の危険地点アンケート調査で回答数が多い地点(大学会館前、第1、2、3学前の坂など)は比較的自転車交通量が多く、道幅も狭いとわかる。

4.4 分析結果

第3.4節の重回帰分析によって得られた式を式(1)に示す。ここで、式(1)の各説明変数は正規化されている。道幅については狭いほど危険度が高くなると考え、逆数を採用した。また、表4に分析結果の統計項目、表5に各説明変数の検定指標を示す。
 決定係数は0から10の範囲で示され、値が1に近づくほど回帰モデルの精度が高いことを意味する。表5の結果によると、説明変数を増やすことで決定係数が1に近づく傾向が確認された。そのため、過剰適合を防ぐ目的で自由度調整済み決定係数を用いることとした。自由度調整済み決定係数は0.77であり、説明変数の数に依らずモデルの精度が0.77以上であることを保証している。また、F値の有意確率は0.008であった。一般に、F値の有意確率が0.05未満の場合、調査結果に有意差があると判断されるため、本回帰式は有用であるといえる。
 検定指標として、t値は説明変数の影響の大きさを示し、2.00以上の場合に影響があると判断される。また、p値は各係数の有意性を示し、0.05未満で目的変数との統計的な関連性が認められる。表4の分析結果から、自転車通行台数と見通しの悪さが危険度に有意な影響を与えることが明らかとなった。これらの要因を基にハザードマップを作成し、歩行者に対して危険箇所

を周知することで、安全性向上に寄与する取り組みを進める。

表 3 実地調査結果

地点名	歩行者(人)	自転車(台)	道幅(m)	路面の材質	見通し	合流数	坂の有無
第1エリア前の坂	84	332	3.04	0	0	2	1
第1エリア食堂前	58	42	3.58	1	2	2	0
中央図書館前	117	181	6.95	1	3	2	0
石の広場	58	62	12.97	1	0	1	0
大学会館前	24	259	2.64	0	2	2	1
平砂トンネル	4	42	3.88	0	2	1	1
5C棟2階の吹き抜け	69	187	6.94	1	1	2	0
カスミ前の交差点	18	173	3.71	0	0	4	0
第3エリアの坂	44	210	2.57	0	1	1	1
第3エリア食堂前	63	42	4.06	1	4	4	0
第2エリアの坂	43	264	3.99	0	0	1	1
第2・3エリア間の橋	57	182	2.91	0	0	2	0
松美池前の坂	53	245	4.1	0	0	1	1
CEGLOC	43	83	4.76	0	2	2	0
医学エリアのループ	14	28	1.5	0	0	1	0

表 4 各説明変数の検定指標

項目名	t 値	p 値
歩行者数	-1.01	0.35
自転車数	2.85	0.02
道幅の逆数	0.59	0.58
路面の材質	-1.03	0.34
見通しの悪さ	3.04	0.02
合流数	-0.15	0.89
坂の有無	-0.07	0.95

式 1 重回帰分析で得られた式

$$\begin{aligned}
 \text{平均危険度} = & -0.73454 \times \frac{\text{歩行者(人)}}{117(\text{人})} + 2.077528 \times \frac{\text{自転車(台)}}{332(\text{台})} \\
 & + 0.305023 \times \frac{\text{道幅の逆数(1/m)}}{0.666(1/m)} \\
 & - 0.35757 \times \text{路面の材質} \\
 & + 1.334133 \times \frac{\text{見通し}}{4} - 0.0819 \times \frac{\text{合流}}{4} \\
 & - 0.02715 \times \text{坂の有無} + 1.559515
 \end{aligned}$$

表 5 統計項目

統計項目	
決定係数 R2	0.88
自由度調整済み決定係数 R2	0.77
F 値の有意確率	0.008

4.5 ハザードマップ

図 4 に、本研究で作成したハザードマップを示す。このハザードマップは、Google Map の画像取得サービス[6]を利用して作成したものである。マップには、危険度調査を実施した地点の位置、名称、危険度、およびその地点を撮影した写真を掲載している。また、ハザードマップ上での各地点の表記例を図 5 に示した。

さらに、危険度に応じて各地点を色分けすることで視覚的な理解を促進している。具体的には、危険度が 4.0 以上の場合には赤色、3.0 以上 4.0 未満の場合には橙色、3.0 未満の場合には水色で表記を行った。この色分けにより、危険度の高低が一目でわかるよう配慮している。

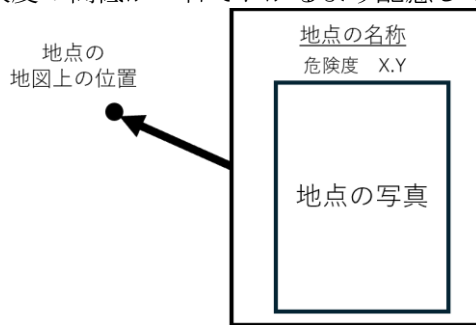


図 5 ハザードマップ上の各地点の表記

5. 考察

5.1 調査結果の重回帰分析で得られた結果の考察

表 4 の分析結果から、自転車通行台数や見通しの悪さが歩行時の危険度に有意な影響を与えることが示された。一方で、検定指標の結果に基づき、歩行者通行量、道幅、路面の材質、合流数、坂の有無といった要因は、危険度への影響が小さいことが明らかとなった。このことから、これらの要因は危険度を低減するために優先的に考慮すべき対象ではないと考えられる。

重回帰式において歩行者通行量の係数が負の値を示した点は、直感に反する結果である。しかし、歩行者が多く混雑する地点では、歩行者同士が相互に注意を払いながら移動する傾向があり、これが結果として危険度の低下につながる可能性がある。この観察は、危険度の評価における人間行動の影響を示唆するものといえる。

5.2 ハザードマップの考察

作成したハザードマップ（図 4）を確認すると、多くの地点で危険地点調査の得票率が高かった順に、危険度が高く表現されていることがわかる。例えば、調査で得票数が最多であった大学会館前は高い危険度

を示し、得票数が少なかった石の広場は低い危険度として評価されている。このことから、作成したハザードマップは一定の妥当性を有していると考えられる。

また、ハザードマップを詳細に分析すると、危険度が高い地域が大学会館以北に集中していることが明らかとなった。この点について筑波大学キャンパスマップ[7]を参照したところ、当地域には建物が密集していることが確認された。建物の密集は道幅の狭小化を引き起こしやすく、また、自転車通行量の増加にも寄与すると推測される。このように、周辺環境の特徴が危険度の分布に影響を与えている可能性が示唆される。

6. 結論

筑波大学内で危険度が高い地点としては、図 4 に示したハザードマップに記載されている大学会館前（危険度 4.0）などが挙げられる。歩行時における主な危険要因としては、道路の道幅の狭さと自転車の時間当たりの通行数が特に重要であることが明らかとなった。危険地点をまとめたハザードマップについても、図 4 に詳細を示している。

本研究では、第 3 章で示した手法に基づき、筑波大学における歩行時の危険地点の特定、これらの危険要因の分析、そして歩行ハザードマップの作成とその妥当性の検証を一連の流れとして実施した。これにより、危険地点の可視化と主要な危険要因の特定を行い、筑波大学キャンパスの安全性向上に向けた基盤を構築することができた。

7. 今後の課題

第 4 章で述べたように、本研究では調査した地点全体の要因分析にとどまり、各地点の危険要因の詳細な分析は行っていない。そのため、今後は各地点における長期間のデータ収集と分析を実施し、地点ごとの危険要因の特定と分析を行うことが必要である。

また、今回は時間的制約により実施できなかったが、ハザードマップの妥当性を確認するために、第三者による評価を今後の課題として取り組むべきである。さらに、調査では危険地点として特定されなかったが、人通りが少ない場所においても潜在的な危険が存在する可能性がある。これらの地点については、重回帰分析によって得られた式 (1) を基に危険度を推定し、ハザードマップに反映させることが望ましい。

参考文献

- [1] 山中英生, 歩行者・自転車の挙動分析にもとづくアーケード商店街における通行区分明示の評価, 2004, https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalip1984/21/0/21_0_789/_pdf/-char/ja
- [2] 川崎尚絃, 長田哲平, 大森宣暁, 歩行者・自転車共存空間における自転車利用実態の基礎的研究, 2017, <http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00061017/44-04-0003.pdf>
- [3] 森健二, 横関俊也, 矢野伸裕, 萩田賢司, 歩行者の

危険感に考慮した普通自転車通行可の実施基準, 2015,
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jste/1/2/1_B_68/_pdf
[4]池田隼人 白石遊 田中和磨 郝駿, 筑波大学内の自
転車事故に関する考察, 2014_group_08_final
(tsukuba.ac.jp)
[5]筑波大学, 令和 4 年度学生生活実態調査,
[https://www.tsukuba.ac.jp/campuslife/support-](https://www.tsukuba.ac.jp/campuslife/support-lifesurvey/r4-undergrad.pdf)
[lifesurvey/r4-undergrad.pdf](https://www.tsukuba.ac.jp/campuslife/support-lifesurvey/r4-undergrad.pdf)
[6]Plus-a.net, 100% 地図印刷 ,
https://100map.net/tips/mymap_share/
[7]筑波大学, 筑波キャンパスマップ,
https://www.tsukuba.ac.jp/images/pdf/ut_map_tsukuba.pdf

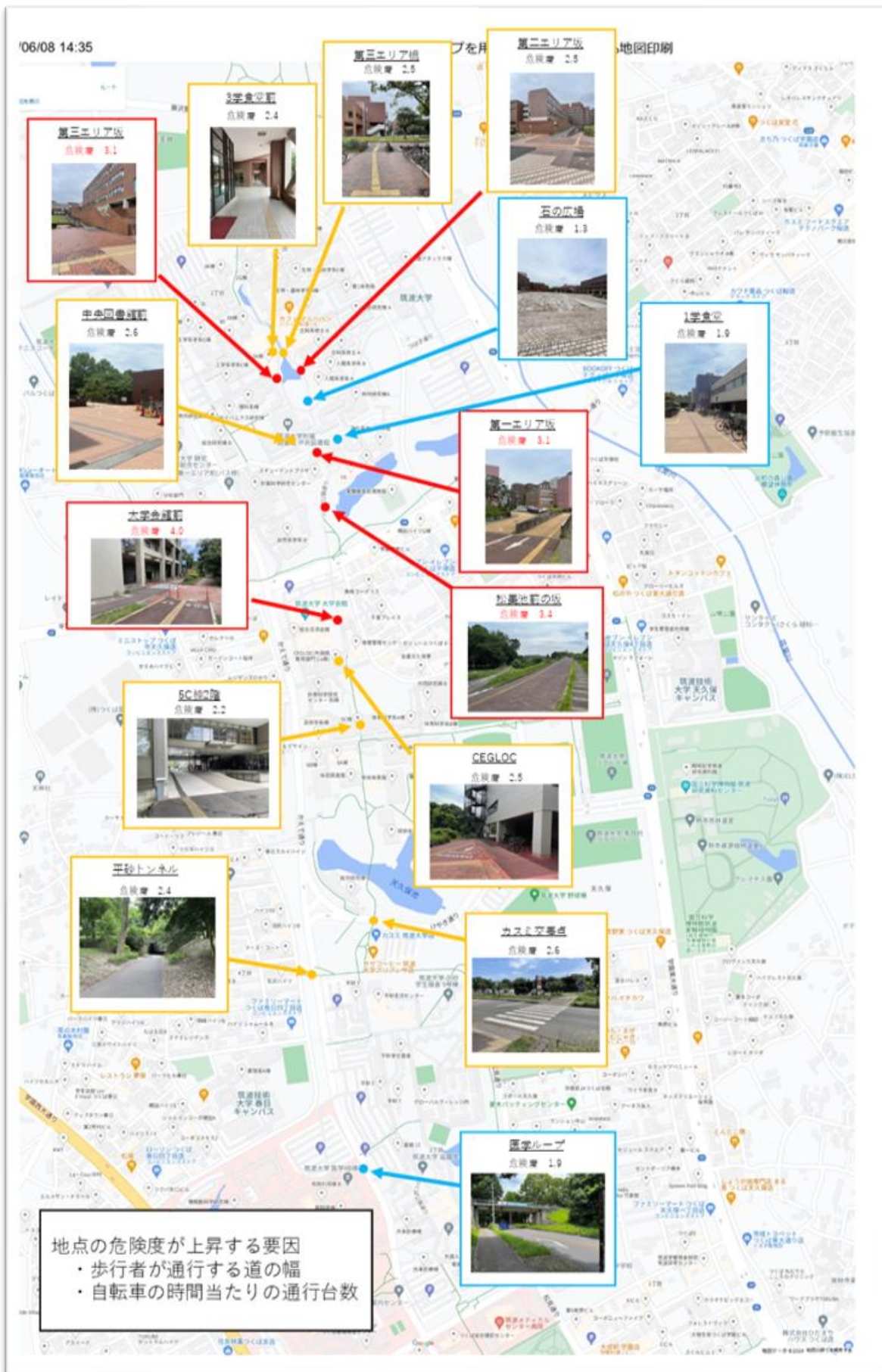


図 4 作成したハザードマップ