

3Dモデルを用いた交差点の安全対策の検討

橋本 康平

長浜土木事務所木之本支所 道路計画課

当支所では、県道木之本高月線において2箇所（高野交差点、馬上交差点）の交差点改良を含む拡幅事業を実施しており、交差点計画の可視化による地元との合意形成の迅速化を目的として、3D走行シミュレーション動画を作成している。高野交差点ではラウンドアバウトの利用状況をマイクロシミュレーションで再現した3D走行シミュレーション動画を作成しており、馬上交差点では視認性に対する安全対策の効果を3D走行シミュレーション動画で検討している。本稿はこれらの3Dモデルの作成における検討事項について報告するものである。

キーワード 3D走行シミュレーション，交差点安全対策，地元合意

1. はじめに

木之本高月線は長浜市木之本町石道を起点とし、長浜市高月町馬上の国道365号に至る延長約3.2kmの一般県道である。起点から約1kmは改良済みであるが、高野交差点から馬上交差点の延長L=2.2kmについては、幅員が狭く大型車の離合が困難な区間や急なクランクの線形不良箇所が残るなど、非常に危険な道路状況となっている。



図-1 事業区間位置図

そのため当該区間において現道拡幅による道路改良を計画しており、地元自治会と計画協議を実施してきた。

しかしながら起点の高野交差点および終点の馬上交差点の交差点計画について十分な地元合意を得ることができていない状況であり、長期間にわたり協議を繰り返しているが、詳細な計画を提示することができていない。

地元合意が進まない要因として、「両交差点が抱えている課題が複数あり、交差点の安全対策について明瞭なイメージを自治会内で共有するのが難しいこと」、「三

つの自治会が関連しており、合意形成の対象が多いこと」が挙げられる。

以上のような背景より、複数の自治会に両交差点の安全対策について十分な理解を得ることが必要であることから、交差点計画の可視化による合意形成の迅速化を目的として、3Dモデルを用いた交差点の安全対策の検討を行うこととした。

2. 課題の抽出

過年度の関係者協議より各交差点の課題を抽出し、安全対策を検討した。

(1) 高野交差点の課題

高野交差点は周囲に田園が広がっている見通しのよい交差点にもかかわらず車両同士の出会い頭の衝突事故が起きている。この事象は、交差車両が同じ速度・同じ角度で近づいてくると車両が動いていないように見えて、直前まで危険を認識できず衝突してしまう「コリジョンコース現象」が起りやすい環境であることが原因と推測される。



図-2 高野交差点 現況写真

これまで関係自治会から信号設置の要望を受けていたが、交通管理者との協議結果より信号設置が難しいため、高野交差点においては車両の速度抑制による安全性の向上が期待され、「コリジョンコース現象」の対策としても有効なラウンドアバウトを計画することになった。

ラウンドアバウトの導入について地元自治会から意見聴取を行ったところ、利用面での不安が多く寄せられた。意見聴取の結果を表-1に示す。意見聴取の結果から通学時の子供の横断、ラウンドアバウトへの進入方法、雪の影響といった点を課題としてとらえていることがわかった。

表-1 地元自治会の意見聴取結果（高野交差点）

NO.	内 容
①	優先車両がわからないので、どのようにゆずって進入するのかわからない。
②	間違っ逆走をしてしまわないのか。
③	通学路に指定されているので、子供が安全に渡ることができるのか。
④	交差点内で並走や追い抜きができてしまうのではないのか。
⑤	中央の交通島に衝突することはないのか。
⑥	交差点中央に堆雪した場合、視認性が悪くならないのか。

(2) 馬上交差点の課題

国道365号と交差する馬上交差点は市道との交差点と近接し、2つの交差点が連なる変形5差路の交差点である。また国道365号に緩勾配が確保されていないこともあり視認性が悪く、交差点内に流入する際の出合い頭の衝突事故や横断歩道上での事故が懸念されている。



図-3 馬上交差点現況写真

この課題を抜本的に解消するためには、縦断勾配を緩やかにして、道路計画高を上げる必要があることから、県道沿いの家屋が接道できなくなる。そのため地元自治会との協議より現況交差点の形状をベースとした計画を進めることとした。

しかしながら、各種安全対策を施し、現況よりも安全性を確保した計画が求められている。そのため、交差点計画に関する課題について地元自治会から意見聴取を行った。

意見聴取の結果を表-2に示す。意見聴取の結果より視認性の改善を求める意見が多いことがわかる。また、現況交差点は市道が主道路で県道が従道路となっており、県道拡幅に伴い主従が逆転するため、主従逆転に伴って予測される課題の解消も合わせて求められている。

表-2 地元自治会の意見聴取結果（馬上交差点）

NO.	内 容
①	横断歩道が国道365号に近いので、視認性が悪く横断が不安。
②	国道365号から流入する車両にとって市道交差点が連続していることが認識しにくい。
③	県道に右折渋滞が発生しないようにしてほしい。
④	馬上交差点に右折車が停車すると、左折車の視認性が著しく悪くなるのでは。
⑤	県道が渋滞した際に、主従が逆転すると市道で車両が滞留する。その際、市道の幅員が狭く、車両の離合および歩行者の通行が危険。

3. 3D走行シミュレーション動画の作成

1) 高野交差点

ラウンドアバウトは流入する交通量が多く、環道内に滞留が起こると流入が難しくなる。そのため、ラウンドアバウト内の滞留状況を予測しないと、現実と異なる3D走行シミュレーション動画となる可能性があることから、マイクロシミュレーションにより環道内の滞留状況を予測した。マイクロシミュレーションは渋滞対策の効果検証等に活用されており、交差点内の車線数の増加や信号現示の変更を車1台単位の挙動で表現することが可能である。マイクロシミュレーションを使用してラウンドアバウトへの流入状況を車1台単位の挙動で表現し、ラウンドアバウトの利用状況を予測した。またマイクロシミュレーションは既存交通量調査結果のピーク時間帯（AM7：00～AM8：00）を対象に実施し、走行速度は「ラウンドアバウトマニュアル」¹⁾に掲載の南丹市八木のラウンドアバウトにおけるプローブ走行調査を基に、ラウンドアバウト流入部は5km/hにラウンドアバウト環道部は20km/hに設定した。

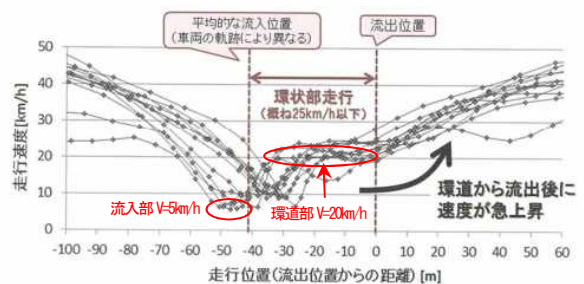


図-4 ラウンドアバウトにおける速度変化の例¹⁾

まずピーク 1 時間の交通量を乱数的に走行させてシミュレーションを行い、その交通流の時間の推移に伴う変動を確認した。木之本高月線の交通量は平成27年センサスによると1,654台/日であることから分かれるとおり、交通量が比較的少ない路線である。そのためほとんどの時間帯でラウンドアバウト内に滞留することなく通過することができた。

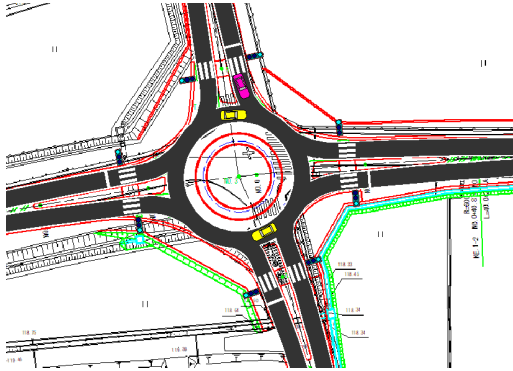


図-5 ミクロシミュレーション結果 (通常時)

次に通学時の横断歩行者への影響を動画に再現するにあたり、「交差点内に流入する車両が最大となる際に歩行者を横断させた場合」を検討した。この動画により、もっとも流入状況が多い状況に小学生がラウンドアバウト内を集団登校する際の安全性が確認できる。

なおミクロシミュレーションには歩行者の挙動を再現できない。そのため通学路となる横断歩道の位置に模擬的に信号を設置し、歩行者が横断するのに要する時間の分だけ信号で車両を停止させた。交通量調査によると朝の通学時間帯の歩行者数は14人であった。この人数が集団登校で交差点内を横断することを想定し、歩行者14人が横断歩道を渡り切れる時間を11秒に設置した。なお横断時間は「平面交差の計画と設計 基礎編」²⁾より歩行者現示時間の最小値を参照してもとめた。

ミクロシミュレーションの結果、流入が集中する確率は1時間に1回程度であるが、最大で5台の滞留が確認された。この交差点内に流入する車両が最大となるタイミングで横断歩道位置の模擬信号により11秒停車させた場合をミクロシミュレーションで再現し、「交差点内に流入する車両が最大となる際に歩行者を横断させた場合」のラウンドアバウト内の滞留状況として3D走行シミュレーション動画に反映させた。

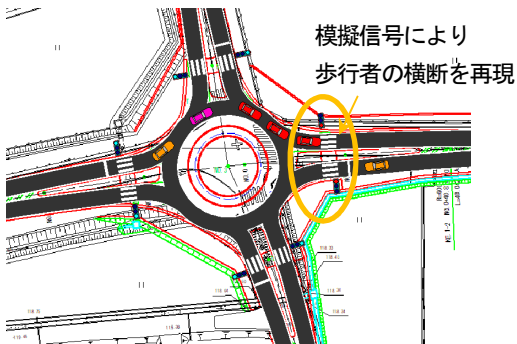


図-6 ミクロシミュレーション結果 (横断時)

このように作成した3D走行シミュレーションより、交差点の安全性を検証したところ、約30秒で渋滞が解消され、長時間の渋滞を招かないこと、ラウンドアバウトにはみ出て滞留することなく安全にラウンドアバウトを利用できることが確認できた。また、ミクロシミュレーションによると、ピーク時であっても環道内に滞留するのは1時間に1回程度と予想されており、地元自治会で懸念されているような利用上の課題は、標識や区画線による誘導など一般的な対策で問題ないと考えられる。

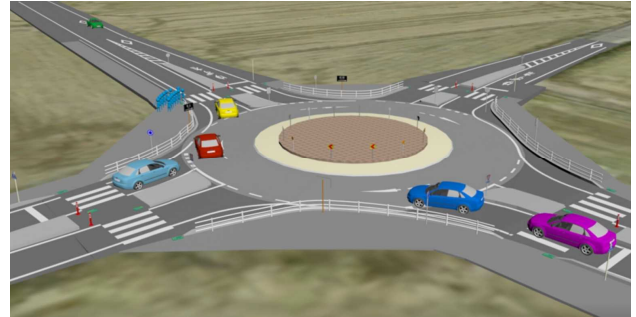


図-7 3D走行シミュレーション (俯瞰)

次に3D走行シミュレーションを使用して、交差点内に流入する車両が最大となる際の交差点内の状況を歩行者視点で確認した。その結果、歩行者のたまり場から視線を遮るものもなく車の走行状況が明確に確認できた。そのため信号が無く車の動きが通常の交差点とは異なるラウンドアバウトでも、十分に予測して横断できると考えられる。



図-8 3D走行シミュレーション (歩行者視点)

その他、ドライバー視点の3D走行シミュレーションにより、たまり場の歩行者を明確に目視できることを確認しており、交差点内に流入する車両が最大となるタイミングで集団登校による横断が行われても安全に利用できることを確認した。

この3D走行シミュレーション動画に加え、堆雪時の3D走行シミュレーション動画を作成した。これは「交差点中央に堆雪した場合に視認性が悪くならないのか」という意見を反映したものである。高野交差点は「近江の道づくりマニュアル (案)」³⁾に掲載されている一次堆雪幅設置図により、最大積雪深を約80cmと想定し、80cm

の堆雪を想定した動画を作成した。

まず分離島に堆雪した際の歩行者に対する視認性の確認を行った。その結果ラウンドアバウトへ流入する際、分離島に堆雪すると歩行者の視認性が落ちることが確認された。そのため分離島を1mセットバックして堆雪しても歩行者が見やすくなるような位置に計画を変更した。なお、流出する際については大きな支障は確認されなかった。

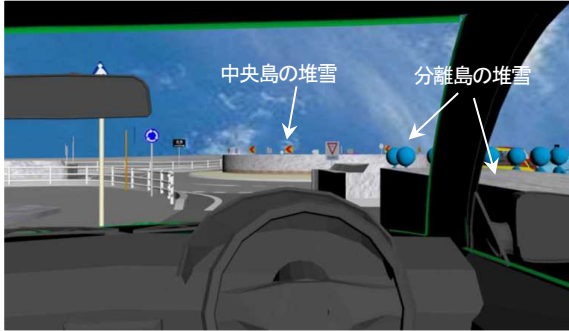


図-9 分離島の間をわたる歩行者の確認 (変更前)



図-10 分離島の間をわたる歩行者の確認 (変更後)

また、車両が環道内に流入する際の視認性についても確認を行っているが、堆雪による影響は少ないことが確認できている。

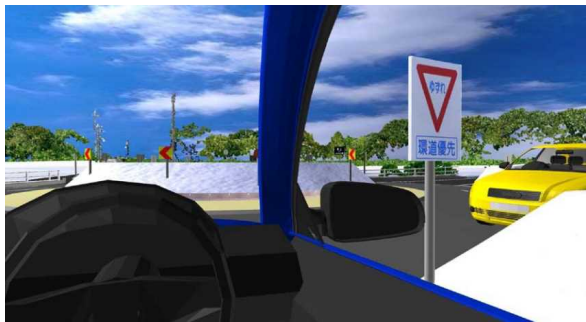


図-11 環道内に流入する際の視認性の確認

2) 馬上交差点

地元自治会の聴取意見からまとめた5つの課題(表-2)について図12のような7つの対策を提案しており、これらの対策案について3Dモデルを用いて検証している。

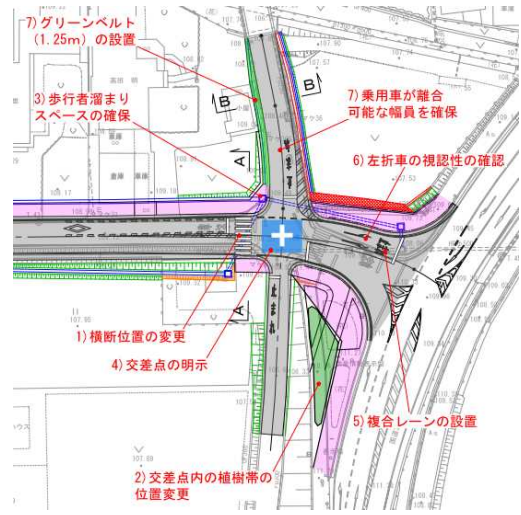


図-12 安全対策平面図

現況交差点では、隅切り内に植栽帯が設けられているため、植栽帯によって交差点内の視認性を低下させている可能性がある。そのため交差点内の視認性が改善されるように、植栽帯位置の変更を提案し、その効果を3Dモデルおよび3D走行シミュレーション動画を利用して検証した。



図-13 現況交差点

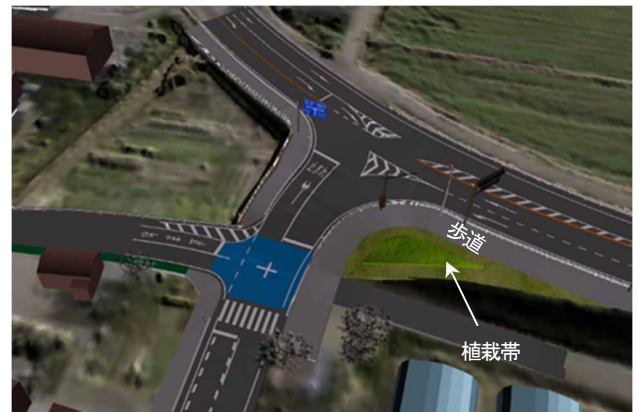


図-14 計画交差点

3D走行シミュレーション動画によりドライバー目線の視認状況を確認するとともに、3Dモデルと現況の3次元点群データを比較し、その効果を評価した。

国道365号から県道に左折する手前の視点では、図15に

示すとおり、現況は植栽帯で左折する先が見えにくい、図16のとおり、計画案では植樹帯の位置を変更して隅切りを設けたため、左折する先が視認できる。そのため、危険予知がしやすくなり安全性が向上すると考えられる。

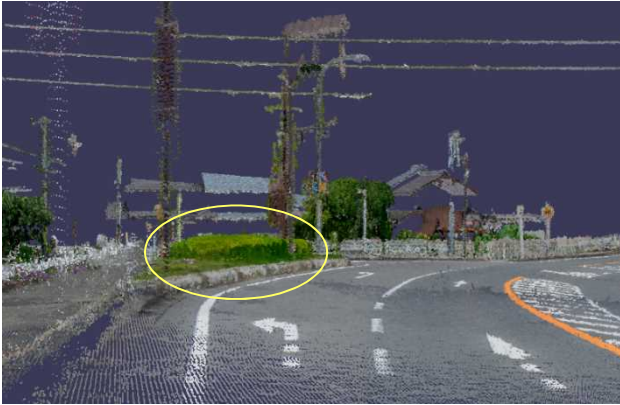


図-15 現道の状況（国道365号から県道への左折レーン）



図-16 計画案（国道365号から県道への左折レーン）

次に、国道365号から県道に左折する直前の視点を確認したところ、図17に示すとおり、現況では植樹帯の中から急に歩行者が出てくるように見えるのに対して、図18のとおり、計画案では、歩行者の導線をドライバーが確認しながら運転することが可能であり、横断歩道上の接触事故を防止できる。また、横断歩道の位置を変えることにより、歩行者に対する視認距離を長くとれていることが視覚的によくわかり、安全性の向上が確認できる。

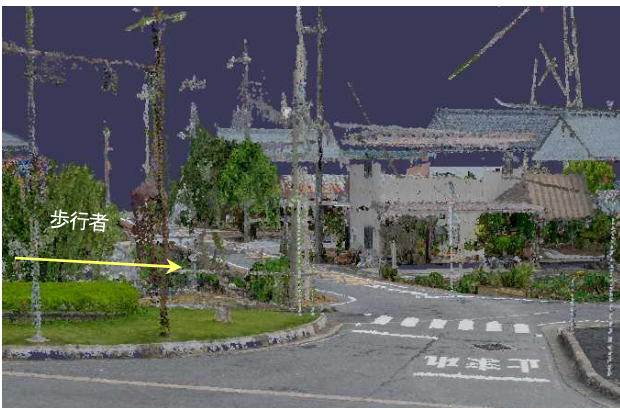


図-17 現道の状況（国道365号から県道に左折する直前）



図-18 計画案（国道365号から県道に左折する直前）

市道から交差点に流入する際の視認性の確認も行っている。現況は図19に示すとおり植栽帯で国道365号が見通せないのに対して、図20のとおり植栽帯の位置変更により、計画案では市道からでも国道365号が見通せるため、国道365号から流入する車両との出会い頭の衝突事故を避ける効果があると考えられる。



図-19 現道の状況（市道から国道365号を望む）



図-20 計画案（市道から国道365号を望む）

更に、複合レーンの安全性について検証を行っている。過年度の地元自治会との協議により、馬上交差点で右折渋滞の発生を抑制するために複合レーンの設置を検討することになった。複合レーンは右折渋滞の発生を抑制することはできるが、一方で右折車が交差点内に停車すると、左折車の視認性が著しく悪くなる可能性がある。その

ため、3D走行シミュレーション動画により複合レーンを設置した際の安全性を確認した。



図-21 複合レーン設置案

3D走行シミュレーション動画で複合レーンに右折車が停車している際に、後続の車が複合レーンから左折する時の視認性を確認したところ、図22のとおり、ほとんど国道の往来状況を確認できないことがわかった。この3D走行シミュレーション動画を用いて公安協議および地元協議を行い、複合レーンの採用は見送ることになった。

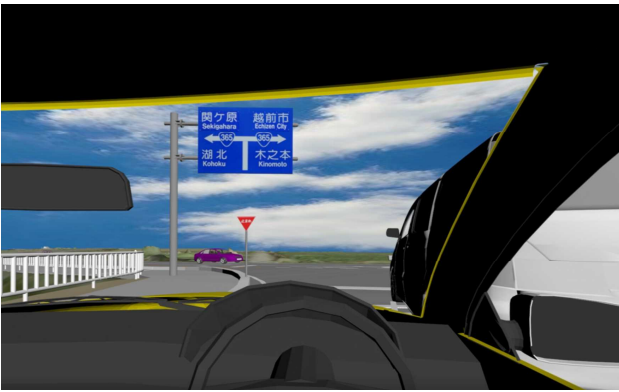


図-22 複合レーンの視認性確認（後続車視点）

また県道が渋滞しても市道で安全に滞留しながら渋滞待ちができるように市道の拡幅を代替案として提案している。通学路となっているため、3D走行シミュレーション動画で車両同士および歩行者が安全に離合できることを確認した。



図-23 市道拡幅案の確認

4. 今後の展望と課題

3Dモデルで検証した検討事項は過年度においても平面図・横断図等で説明してきたものであるが、3Dモデルによる検証結果を見ていただくことで、今まで理解していただけなかったことが映像だけで理解していただけた。また、事業者側としても気づかなかった課題が見えてくることもあり、事業者と地元自治会ともに事業計画に対する相互理解が大きく深まったとも言える。

また、事業としては現道拡幅事業であるため、情報化施工の採用については検討中であることから、全区間を3Dモデル化するのではなく、懸案事項の交差点計画に絞って3Dモデル化を行った。そのため3Dモデル化の作業量も少なく済み、短時間に検証を済ませることができ、時間的にも経済的にも非常に効率的であった。以上を踏まえ、計画段階の課題事項の解決のために3Dモデルを部分的に活用することは、特に平面図では把握しにくいような視認性などの確認に大きな効果が期待でき、事業を円滑に進めるために有効な手段であると考えられる。

しかしながら高密度の3次元点群データを使用するには、大容量のデータ処理が伴うことから、ハイスペックなパソコンおよびライセンス購入が必要な専門ソフトが必要になる。そのため必要な設備をそろえないと活用できないという課題がある。今回は3次元点群データ、3Dモデル、3D走行シミュレーション動画について、フリーライセンスで使用できるビューワーで確認できること、通常のスペックのパソコンで利用できることを条件とした。そのため検証に影響のない程度に3次元点群データ点群密度の削減するといった工夫などを行い、地元説明を行う際においても、ソフトのライセンス購入をせず、また通常使用しているパソコンで十分対応が可能であった。しかしながら利用環境に条件をつけると、技術的に可能な範囲も限られることから、モデル作成に入る前にモデルを使用してどのような検証を行うのか、どのようにモデルを活用していくか十分な検討が必要である。

最後に、本件のような事業計画段階における3Dモデルの利活用は、関係者との迅速な合意形成に貢献し、事業効果の早期発現につながる有効的な手段と考える。そのため今後の積極的な利活用と事例研究が進み、効果的な手法が確立されることを期待している。本件の取り組みも今後のケーススタディの一事例になるように引き続き取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 一般社団法人交通工学研究会；ラウンドアバウトマニュアル
- 2) 一般社団法人交通工学研究会；平面交差の計画と設計 基礎編
- 3) 近江の道づくりマニュアル（案）；滋賀県土木交通部道路整備課、

道路保全課