

# 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検証する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モデルの作成過程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, UAV測量, 交差点計画

## 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

雨森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」が起これ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、雨森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内への進入方法、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（以下、市道交差点と呼ぶ）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ため、視認性の悪い馬上交差点から市道交差点に流入する際に、出会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、現況の市道交差点は、市道が主道路で県道が従道路であり、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	横断歩道が馬上交差点に近いので、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。
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モデルの仕様の決定

高野交差点においては主にラウンドアバウトの利用面での不安が、馬上交差点においては主に交差点の視認性に対する不安が合意形成に至らない理由である。どちらもドライバー視点の課題であることから、両交差点においてドライバー視点で確認することができるような3D走行シミュレーション動画を作成することとした。

また、高野交差点はラウンドアバウトであるため、ラウンドアバウト内の交通量により流入のしやすさが大きく異なり、現況交通量と動画内の交通量に乖離があると実際の利用とイメージがかけ離れてしまう恐れがある。

そのため、既存交通量調査結果のピーク時間帯（1時間）を対象としたマイクロシミュレーションを実施した上で、走行シミュレーション動画を作成することとした。

なお、3Dモデルの詳細度については「CIM導入ガイドライン（案）平成30年3月国土交通省」より、「詳細度300（附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形状を正確に表現したモデル）」に設定した。

詳細度については100～500まで設定されており、詳細度300を超えると「詳細度400（詳細度300に加えて、附帯工、接続構造などの細部構造および配筋も含めて、正確にモデル化する）」になることから、交差点の3Dモデルには過大な詳細設定になる。

そのため選択対象となる詳細度は100～300と考え、交差点には小構造物が多く、詳細な表現が必要であることから、上限の詳細度300を選択した。

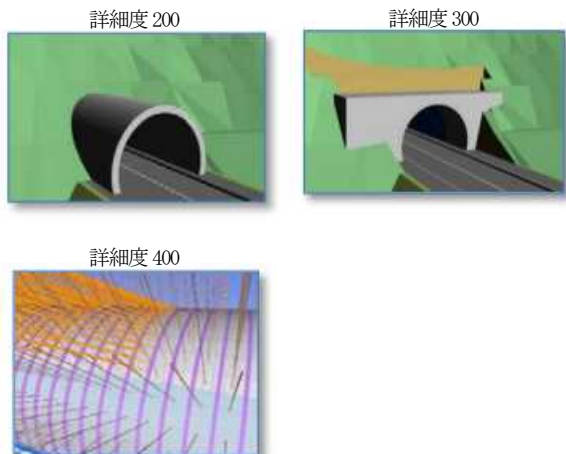


図-4 CIMモデル詳細度イメージ

#### 4. UAV写真測量

風景を詳細に設定しないと視認性の確認にならないことや、現実感が感じられず高齢者などの理解に結びつかないと考えたため、地形モデルについては、UAV写真測量による点群データを使用することとした。

まずUAV写真測量を実施するにあたり評定点と検証点を設置する。評定点と検証点は座標管理をしており、点群データに座標系を持たすための目印である。計測対象範囲の地形や、撮影コースの設定等を考慮して配置する。また、検証点は標定点の総数の半数以上で計測対象範囲内に均等に配置する。

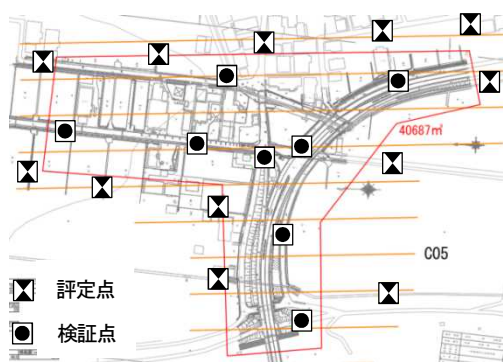


図-5 標定点、検証点位置図（馬上交差点）

UAV写真測量の実施にあたっては、国土地理院が定める「UAVを用いた公共測量マニュアル（案）」（以下、マニュアル）に基づいて精度管理を行うが、マニュアルで定める主な精度管理として、位置精度と点群密度がある。位置精度とは検証点の位置座標とこれに相当する三次元点群が示す座標の較差の許容範囲である。マニュアルでは三次元点群の位置精度を、0.05m以内・0.10m以内・0.20m以内から選ぶことになっている。マニュアルに記載されている位置精度の選択の目安を以下に示す。

表-3 位置精度の選択の目安

位置精度	位置精度の選択の目安
0.05m以内	出来形管理
0.10m以内	起工測量
0.20m以内	部分払い出来形計測

位置精度により標定点の間隔が決まっていることから、要求される位置精度に従って標定点の間隔を決める必要がある。今回は測量時が稲作時期であったことから、田に標定点を設置することが出来ず、標定点の間隔は位置精度0.10m以内相当を確保するのが限界であった。

詳細設計への適用する場合、位置精度0.05mを採用するのが望ましいと考えるが、主目的が3Dモデル走行シミュレーション動画への採用であることを踏まえると、本件においては位置精度0.10m以内でも十分な精度であると判断し、位置精度を0.10m以内とした。

なお、マニュアルでは点群密度を低密度（100m<sup>2</sup>に1点以上）・標準密度（0.25m<sup>2</sup>に1点以上）・高密度（0.01m<sup>2</sup>に1点以上）から選ぶことになっている。今回は構造物等の勾配変化点等を抽出するには高密度の採用が望ましいことから、高密度（0.01m<sup>2</sup>に1点以上）を採用した。

またUAV写真測量の利点として任意の位置で縦横断面を作成できることが挙げられるが、図6に示すとおり、路肩に草が茂っているところと茂っていないところでは地表の再現に大きな違いがある。

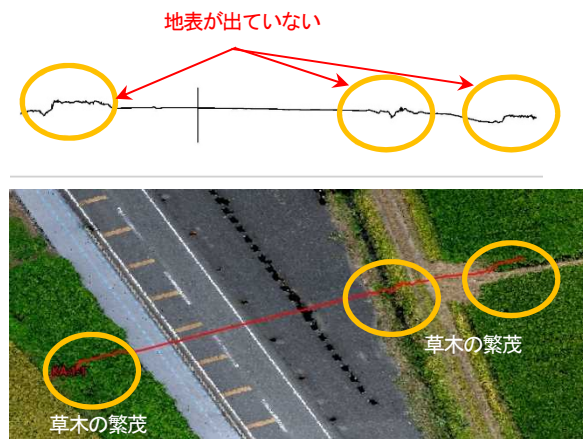


図-6 草木の繁茂の影響を受けている横断面

このように標定点の設置箇所を選択や地表の障害物の修正作業については、実施時期やロケーションによって大きく左右される。本件のような3Dモデル走行シミュレーション動画の作成には大きく左右されることなく必要な精度を確保できたが、詳細設計に採用する際は、標定点の設置箇所を選択や地表の障害物の修正方法について、十分な検討が必要と考える。

また三次元点群データの課題として、そのデータ容量の膨大さも挙げられる。設計施工に耐えられるような精度を確保するとどうしても点群の数を減らすことが出来ないが、3D画像として見るだけであれば、視覚に影響のな

い程度に点群を間引くことは問題ない。視覚に影響がない程度に点群を間引いた結果、点群数を1/5まで減らすことが出来た。その結果データ容量も250Mb程度に減らすことができ、この点群数であると、大容量転送メールでのやり取りが可能で、執務用のパソコンスペックでビューア一操作が可能であった。



図-7 馬上交差点 点群データ (点群数3,500個)



図-8 馬上交差点 点群データ (点群数18,000個)

### 5. 3D走行シミュレーション動画の作成

寄稿時点では3D走行シミュレーション動画の作成途中であるため、作成過程における検討事項を下記に示す。

#### 1) 高野交差点

前述のとおりマイクロシミュレーションを使用した3D走行シミュレーション動画を作成した。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。そのため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) を対象に再現した。

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。走行速度は「ラウンドアバウトマニュアル」<sup>2)</sup> 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。

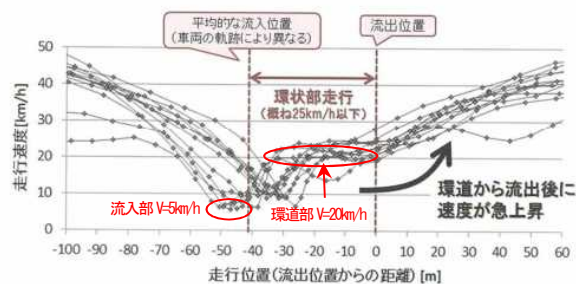


図-9 ラウンドアバウトにおける速度変化の例<sup>2)</sup>

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る通り、交通量が比較的小さい路線である。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。

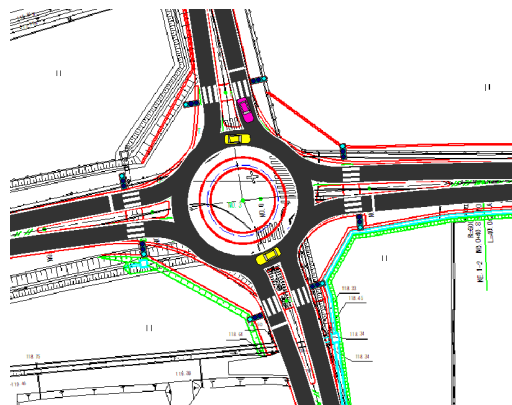


図-10 ミクロシミュレーション結果 (通常時)

まずこの状況を3D走行シミュレーション動画にすることにした。この動画により、通常時はラウンドアバウト内への流入が難しいことをイメージすることができる。

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。流入する車両が多い際の横断歩行者への影響を把握するためと、その際のラウンドアバウト内の車両の滞留状況を把握するためである。この動画により、もっとも流入状況が難しい状況をイメージすることができる。

なおマイ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、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」<sup>3)</sup>より歩行者現示時間の最小値を参照してもとめた。

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、そのラウンドアバウト内の滞留状況を3D走行シミュレーション動画に反映させた。

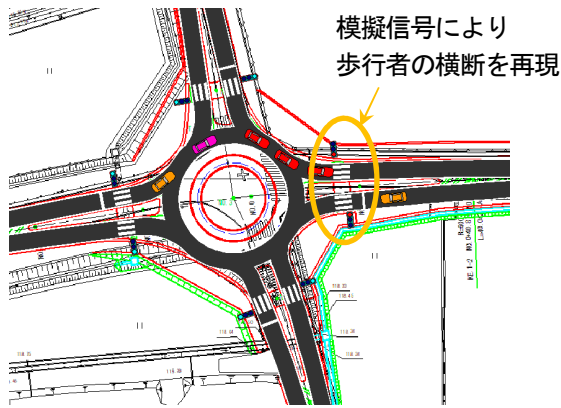


図-11 ミクロシミュレーション結果（横断時）

以上の2パターンの動画に加え、堆雪時の3D走行シミュレーション動画を作成する。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「近江の道づくりルール」<sup>2)</sup>に掲載されている一次堆雪幅設置図によると、最大積雪深が75cm～100cmと想定されることから、同程度の堆雪を想定した動画を作成することとした。



図-12 3D走行シミュレーション動画（通常時）

## 2) 馬上交差点

馬上交差点において3D走行シミュレーション動画を作成する目的は、交差点の視認性を向上させる安全対策の効果を確認することである。

地元自治会からの聴取意見に対する安全対策を表-4および図-13に示す。5つの課題について7つの対策を提案し、これらの対策項目について3D走行シミュレーション動画で効果を確認し、道路管理者・交通管理者・関係自治会の3者で評価することとした。

表-4 安全対策一覧

NO.	内 容
①	横断歩道が馬上交差点に近いと、視認性が悪く横断が不安。 → 1) 横断歩道を視認性の良い箇所に設置 → 2) 交差点内の植樹帯の位置変更 → 3) 歩行者溜まりの確保
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。 → 4) 市道交差点をカラー舗装で着色
③	県道に右折渋滞が発生しないようにしてほしい。 → 5) 複合レーンの設置
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。 → 6) 交差点内に右折車が停車した際の左折車の視認性の確認
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。 → 7) 市道において離合可能な幅員を確保 路肩にグリーンベルトの設置

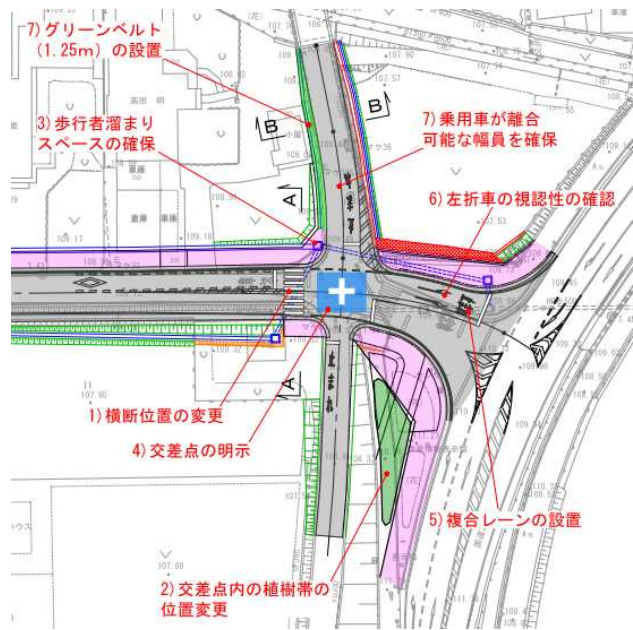


図-13 安全対策平面図（案）

複合レーンの設置により、馬上交差点で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、複合レーンの設置については3D走行シミュレーション動画により今後検討していく予定である。

また国道365号から市道交差点に流入する際に、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こ

とから、交差点内の視認性が改善されるように、既往計画からの植栽帯位置の変更を提案している。このような検討についても3D走行シミュレーション動画を活用していく予定である。



図-14 木之本高月線からの視認性（既往計画）



図-15 国道365号からの視認性（既往計画）



図-16 鳥瞰図（既往計画）

## 6. 今後の課題と展望

今回は「ラウンドアバウトの利用面での不安」と「交差点の視認性に対する不安」が地元と合意形成に至らない理由であると考え、3Dモデルによる鳥瞰図だけでなく運転者の視点で確認できる3D走行シミュレーション動画を作成した。また、3D走行シミュレーションにマイクロシミュレーションや背景に3次元点群データを採用していることも本件の特徴である。

寄稿時点では3D走行シミュレーション動画の作成途中であることから、今後の関係機関および関係自治会との協議に使用していく中で、3D走行シミュレーション動画がどのように合意形成に貢献したか評価していく必要がある。また、3Dモデルを作成することに満足するのではなく、その効果を具体的に評価していくことが今後の3Dモデルの利活用についてにつながるため、特にマイクロシミュレーションや3次元点群データの採用について、その効果を評価し、今後の3Dモデルの有効活用につなげたい。

加えて、3D走行シミュレーション動画の活用方法についても検討をしていきたい。3D動画についても前述のようにデータ容量の削減を行うことが出来れば、動画をDVDで地元自治会に配布することができ、地元自治会主催のイベント等で映像を見ていただくことができるなど、効率的な事業説明を計画することもできると考える。

なお、ラウンドアバウトについてはよく似たロケーションで計画されることが多く、本事例の3D走行シミュレーション動画が広く代用できるのではないかと考えている。そのため、本件の取組を幅広く活用できるような検討を行い、汎用性の高い成果として取りまとめていきたい。

更に、今後の3Dモデルの新たな利活用方法として、VRゴーグルを使った歩行者視点での交差点の安全確認も検討しており、3Dモデルの多様な有効活用についても提案していきたいと考えている。

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) 平成30年3月社会基盤情報標準化委員会特別委員会；土木分野におけるモデル詳細度標準（案）【改訂版】
- 2) 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
- 3) 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