

神戸三宮におけるICTを活用した 新バスターミナル設計の進め方

安藤 翔¹・田畑 至啓²

¹近畿地方整備局 兵庫国道事務所 計画課 (〒650-0042兵庫県神戸市中央区波止場町3-11)

²近畿地方整備局 道路部 道路管理課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

全国のバスタプロジェクトに先駆けて、市街地再開発事業においてバスターミナル施設整備等を行う「一般国道2号 神戸三宮駅交通ターミナル整備」が、2020年に直轄道路事業として事業化された。バス走行の円滑性や安全性を確保したバスターミナルの実現に向けては、バスターミナル設計に対するバス事業者や再開発会社との合意形成を図る必要がある。

本稿では、本事業における仮想現実（VR）、ドローンといったICTを活用したバスターミナル設計の進め方の紹介を通して、バス事業者や再開発会社等の関係者とイメージ共有を図りつつ、バスターミナルの設計を効果的かつ効率的に進めていくための方法について提案する。

キーワード バスタプロジェクト、バスターミナル設計、VR、ドローン

1. はじめに

神戸三宮駅周辺は、6つの鉄道駅が立地し、さらに1日約1,700便（2020年4月時点）の中・長距離バスが発着する市内最大の交通ターミナルである。このうち、中・長距離バスにおいては、兵庫県内だけでなく東京などの主要都市と神戸を結ぶ路線のほか、四国地方や淡路島方面を中心とする西日本へ向かう高速バスのゲートウェイとして機能している。しかし、鉄道駅と中・長距離バス停が分散しているため、乗換の利便性が低い、バス待合空間が不十分である、路上のバス停に起因する後続車の走行阻害が発生しているなどの課題を抱えている。

これらの課題を解消するため、国土交通省と神戸市は、2020年3月に新たな中・長距離バスターミナル等の整備を位置付けた「国道2号等 神戸三宮駅前空間の事業計画」を策定し、2020年4月には、新たな中・長距離バスターミナル（Ⅰ期）の整備と国道2号空間整備を行う「一般国道2号 神戸三宮駅交通ターミナル整備」が直轄道路事業として事業化された。これは、道路事業として整備するバスターミナルが、市街地再開発事業と一体で計画される全国初のケースとなるものである。

本稿では、本事業の概要とともに、仮想現実（以下、「VR」）を用いた意見交換と、ドローンを活用したバス実走実験といった、ICTを活用したバスターミナル設計の進め方を紹介する。そして、事業化から現在までの市街地再開発事業との相互調整や道路法改正等を踏まえ

たバスターミナル設計検討で得られた知見から、バス事業者や再開発会社等の関係者とイメージ共有を図りながら、効果的かつ効率的なバスターミナル設計の進め方について提案する。

2. 事業の概要

(1) 施設配置及びバスターミナル計画

本事業は、図-1に示すとおり、中・長距離バスを対象とした新バスターミナル（Ⅰ期）の整備と、バスターミナルの前面に位置する国道2号の車線運用の見直し等の空間整備を対象とするものである。また、これらと並行して、神戸市において、駅前道路を人と公共交通優先の空間に転換する「三宮クロススクエア」の段階的な整備、及び鉄道駅と新バスターミナルをつなぐ歩行者デッキの整備が予定されている。さらに、新バスターミナル（Ⅱ期）についても検討を進めつつあり、Ⅰ期完成時には5バース、Ⅱ期完成時には12バースを確保するとともに、複合ビル（ミント神戸）の1階に位置する既存の三宮バスターミナルとの一体的な運用を行うことで、神戸三宮駅周辺に分散しているすべての中・長距離バス停を段階的に集約する計画である。

新バスターミナル（Ⅰ期）は、雲井通5丁目再開発株

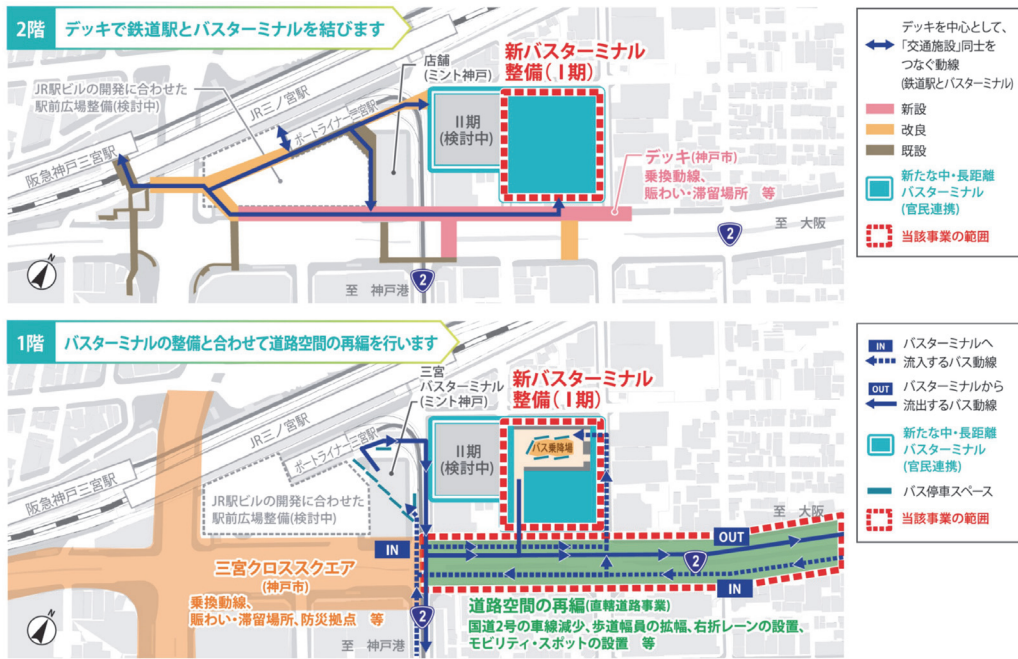


図-1 神戸三宮駅前空間の施設配置計画

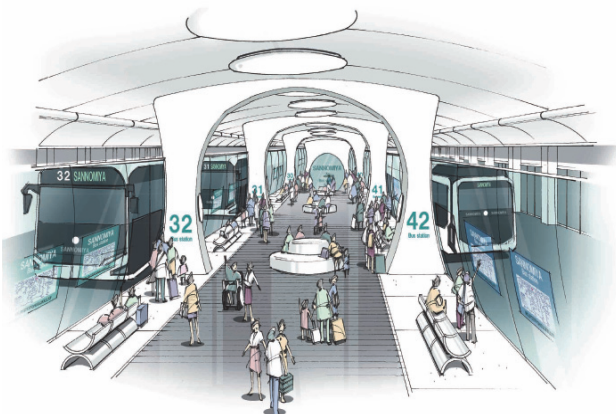


図-2 バス乗降空間のイメージ

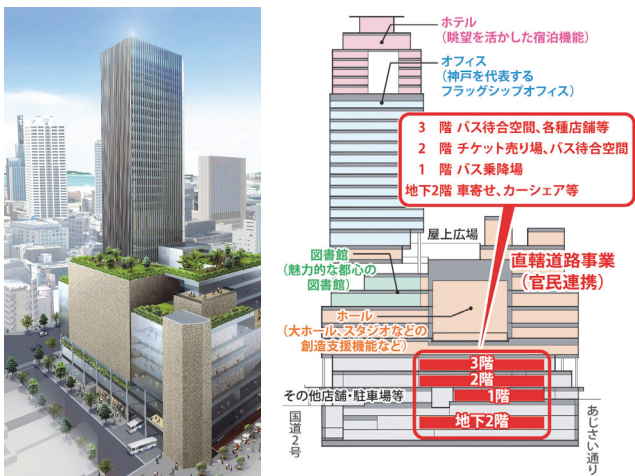


図-3 雲井通5丁目再開発ビルイメージ図

式会社（以下、「再開発会社」）が実施する「神戸三宮雲井通5丁目地区第一種市街地再開発事業」（以下、「再開発事業」）により整備される再開発ビル内に設けられる。具体的には、必要面積分の床を国が区分所有として取得し、道路区域を立体的に設定した上で、1階にバス乗降場、2階及び3階に待合空間を整備する（図-2、図-3参照）。

(2) 再開発事業

よりスピード感をもって事業進捗を図るため、再開発事業は民間のノウハウを採り入れながら進められている。2018年5月に地元地権者の出資により再開発会社が設立され、その後、再開発会社により選定された事業協力者グループの協力のもと、2019年9月に都市計画提案を行い、2020年3月には都市再生特別地区と第一種市街地再開発事業の都市計画が決定された。そして、その後選定された再開発ビルの保留床を取得する「特定事業参加者」と再開発ビルの工事等を行う「特定業務代行者」の協力のもとで再開発事業を対象とした事業計画を策定し、2021年2月に施工認可申請を提出、同年3月に神戸市から施行認可を取得した。再開発ビルには、従前の地権者らの権利床として商業施設や図書館が整備され、新たに生み出される保留床にはバスターミナルをはじめオフィスやホテル、大規模ホール等が導入される予定である（図-3参照）。

(3) 待合空間整備

待合空間は、吹き抜けを持つ開放的な空間として、再開発ビルの2階・3階に設置する計画としている。ここでは、“神戸らしさが演出された充実した待合空間”



図4 待合空間イメージ (2階・3階の吹き抜け)

というコンセプトのもと、再開発ビル全体と交通ターミナルとの内装意匠の調和や、飲食・物販をはじめとした導入するサービス機能の収益性に留意しながら、魅力的で付帯施設の充実した空間を整備する(図4参照)。

(4) 国道2号空間整備

神戸三宮駅前の国道2号では、隣接する三宮クロススクエアによる車線減少によって交通量の若干の減少が見込まれる一方で、新たな中・長距離バスターミナルや再開発ビルに関連した交通が新たに発生・集中することが予想されている。そこで、交通負荷のかかる国道2号中央区役所前交差点における右折レーンの改良を行う等、適切にバス交通の処理ができるように検討を行う。また、隣接する三宮クロススクエア整備により余裕が生まれる道路空間の有効活用に向けた検討を行うこととしている。

3. ICTを活用したバスターミナルの設計

(1) バス実走実験

市街地再開発事業において施設整備を行う本事業においては、再開発会社が行う再開発ビルの実施設設計に対して道路法改正等を踏まえた交通ターミナルの基準等の諸



図5 新バスターミナル設計検討の経緯

条件を的確に反映できるよう、再開発ビルの検討進捗とあわせて相互に調整を行う必要がある。

現在、特定業務代行者において、再開発ビルの実施設設計(工事施工に必要な詳細設計)が進められているが、駅前広場などのオープンスペースに整備されるバスターミナルとは異なり、建築物内に整備されるバスターミナルでは限られた空間内で建築物を支える柱や壁面、権利床や共用スペースとの調整が求められる。これらはバスの走行に影響を与えることから、特に車路が整備される1階バス乗降場の設計にあたっては、交通ターミナルの設計基準を満足するだけでなく、バスが円滑に走行できるかどうかをバス運転手によって実際に確認してもらい、バス事業者と合意形成を図った上で実施設計を確定する必要がある。

そこで、バス事業者及び各機関に協力いただき、暫定の設計図面を基に空き地に仮設で車路を再現した上で、バスの実走実験を行った。実走実験の実施に際しては、バス事業者との協議を踏まえて設定したパターンに従って、出発・到着・走行に関する検証を実施した。なお、限られた建築物の空間でバス事業者の意見を十分に許容するバス車路の空間を確保することは容易ではなく、課題の優先度を踏まえたバス事業者及び各機関との調整が必要である。そこで、走行実験のとりまとめ結果を用いてバス事業者及び各機関との意見交換会を実施し、設計面の課題と対応の方向性について協議を行った。

本事業では、図5に示すとおり事業化前より実走実験を行い、再開発会社が行う基本設計、実施設計の進捗に合わせ合計3回の実走実験を行ってきた。

(2) 実走実験(第1回)で得られた課題

1回目の実走実験は、基本設計の妥当性を検証することを目的として、事業化前に神戸市が主体となって実施した。そこでは、単管パイプで柱を再現するとともに、カラーコーンで壁面位置を明示した。また、実験後における検証結果の振り返りや、バス事業者との意見交換での活用を目的として、走行風景を地上部からの動画で記録した。

実走実験の結果、バス事業者も一緒になって事業化の機運が高まったものの、特に転回部付近を中心として、机上による車両軌跡の検証では走行可能と思われていた箇所が、実走では走行困難であることが少なからず判明した。車両軌跡が机上と実走で異なった理由としては、バス運転手の運転方法の多様性やバスのスペックの違い等が挙げられ、実際の車両軌跡を考慮した上での設計の必要性が明らかとなった。

また、壁面がないことで、バス運転手にとっては圧迫感や視界の遮断を伴わない走行が可能となっていた。これによって、実際よりも壁面ギリギリまで幅寄せを行っての走行が可能となっていたことなどから、四方を壁面で囲まれた新バスターミナル設計の走行性を検証する上



写真1 バス実走実験の様子 (第3回)



写真3 VRを用いた走行体験の様子



写真2 ドローンによる走行軌跡撮影



写真4 VR映像のキャプチャ (一例)

では、壁面の圧迫感の再現が必要性であることが明らかとなった。

(3) ICTを活用したバスターミナル設計

a) ドローンを活用したバスターミナル設計

1回目の実走実験で明らかとなった設計課題を踏まえて修正した設計を基に、2回目の走行実験では、地上での撮影に加えてドローンによる空撮を実施し、モーションキャプチャを用いてバスの実際の走行軌跡を視覚化した(写真-2参照)。結果的に、依然として転回部では円滑な走行に課題が残されていること、また新たに設置した待機バースへの正着が困難であることなどが判明したものの、ドローンによる空撮映像からのモーションキャプチャを用いることで、車両軌跡と重ねてバスターミナル設計の課題を明らかにすることが可能となった。また、車両軌跡を用いた検証では、実際の車両軌跡と言えるモーションキャプチャを参照しながら机上での車両軌跡を当てることで、これまでよりも実態に即した条件での設計の見直し、机上検証が可能となった。

なお、2回目の実走実験では、前回の実走実験で特に課題が大きかった転回部において、メッシュシートを用いた壁面の圧迫感の再現を試みたが、実験当日は強風によりメッシュシートを設置できず、壁面は単管パイプで組んだ骨組みのみでの再現となったため、視覚的な制約や圧迫感を十分には再現できなかった。

b) VRを活用したバスターミナル設計検証

第1回及び第2回のバス実走実験では、バス事業者及び各機関で課題を共有し、今後のバスターミナル設計の精度を高めるための有用な情報を得ることができた。し

かしながら、実走実験の仮設車路では、天井や硬質な壁を再現することができないため、建築物内に設置される乗降場でバスを運転する際の空間的な圧迫感を十分に感じ取ることができないとの懸念が、バス事業者から少なからず挙げられた。

一方、バス実走実験は非常に有用な方法であるが、多くのコストと労力を要するため、繰り返すことは現実的ではない。そのため、できるだけ実走実験の実施前に設計の精度を高めておく必要がある。

そこで、第3回目のバス走行実験に先立ち、第2回バス実走実験で指摘のあった課題を踏まえて修正した設計図面を基にVRに車路を再現し、ヘッドマウントディスプレイを用いて、バス事業者に運転手目線からの走行を体験してもらった。ここでは、柱・壁面・天井といった構造物とあわせて、バス運転状況の再現性をできるだけ高めるべく、バス実走実験で収集したドローンによる車両軌跡を参考にバスターミナル内の机上での車両軌跡を再現するとともに、サイドミラーからの見え方についても再現した。なお、バスはあらかじめ設定されたとおり走行し、ハンドル操作はできないが、体験者が頭を動かすことで360度全ての範囲を立体的に見渡すことが可能である。

因みに、筆者らもヘッドマウントディスプレイを装着してVRを体験したが、実際に自分がハンドルを握って運転しているかのような錯覚を伴いながら、設計中のバスターミナル車路での運転を疑似体験することができた。

バス運転手にVRを体験いただいた結果、バス事業者と天井と壁面で囲まれたバス乗降場の車路を走行するイメージを共有することができ、バス事業者からの圧迫感についての懸念も払拭することができた。その上で、改

めて意見交換を実施して、3回目の実走実験に向けたバスターミナル設計の課題及びチェックポイントを確認した。

ここで、VRでのバスターミナル車路の走行再現性について確認するため、実際に走行体験したバス運転手3名にアンケートを実施した。本来であれば、設計を基に再現したVRと実際の建物を比較することで再現性について評価できるが、未施工のため、バス運転手にはバス実走実験や類似のバスターミナルでの走行経験を踏まえて回答いただいた。結果として、VRの運転風景は概ね再現できており、車路の壁面や停車バスとの距離感等もあり、VRは設計のイメージをつかむためのツールとして有効であるとの肯定的な意見を得ることができている。

2回の実走実験結果を受けてバスターミナル設計を大きく見直すこととなったが、ドローンを活用したバスターミナル設計及びVRを活用したバスターミナル設計検証を経た3回目の実走実験では、概ね設計が問題ないことを関係者間で確認し、バス事業者及び再開発会社との合意形成を図ることができた。

e) ICTを活用したバスターミナル設計の進め方の提案

これまでの検討で得られた知見から、バスターミナルの設計を効果的かつ効率的に進めていく方法として、図-6を提案する。バス実走実験は、非常に有用な方法である一方、多くのコストと労力を要するため繰り返し行うことは現実的ではない。

そこで類似事例で得られた実際の走行軌跡を踏まえた設計やVRを用いた事前検証を行うことで、バス実走実験の回数を減らしつつ、多くの関係者との円滑なイメージ共有や合意形成の実現が期待できる。

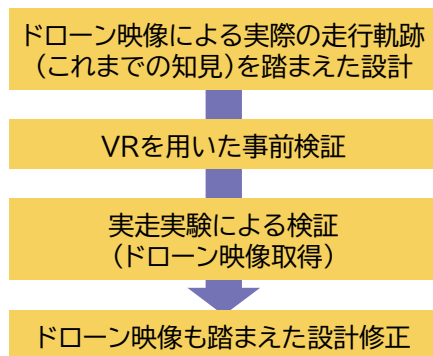


図-6 ICTを活用したバスターミナル設計の進め方

9. おわりに

これまでの検討で得られた知見から、本事業のような建築物内に整備されるバスターミナルでは、机上による車両軌跡の検証だけでは、バス運転手の運転方法の多様性やバスのスペックの違いを反映することができず、不十分であることが明らかとなり、実際の車両軌跡を考慮した上での設計が必要であることが判明した。そこで、VRやドローンなどのICTを活用することで、関係者とイメージ共有を図りながら、バスターミナルの設計を効果的かつ効率的に進めていくことが可能であることが分かった。

一方、本事業で得られた知見や蓄積されたデータは、本事業の制約条件のもとでの結果に過ぎない。今後は、ドローン映像等を用いたバス走行軌跡に関する情報をより蓄積し、それを軌跡図の作成条件として整理していくことが求められる。

また、バスターミナル設計におけるVRの有効性についても、設計を基に再現したVRと施工後の車路を複数のバス運転手に走行してもらい比較することで、より詳細かつ定量的に有効性を検証することが可能となり、バスターミナル設計での活用の幅も広がると考えられる。

本事業は全国のバスタプロジェクトに先駆けて検討を進めているものであり、試行錯誤しながらバス事業者や再開発会社、神戸市等の多くの関係者と一緒に検討を進めている。今後は、バスターミナルの設計だけでなく、効果的かつ効率的なバスターミナルの管理運営についても、さらに多くの関係者と連携して、地域の顔となる賑わいのある交通拠点として質の高い空間づくりを進めていきたい。

参考文献

- 1)国土交通省道路局「交通拠点の機能強化に関する計画ガイドライン」2021年
- 2)雲井通5丁目再開発株式会社HP：<https://kumoi-redevelopment.jp/>
- 3)「神戸三宮駅における交通ターミナル整備の進捗と今後の展開」月刊誌 道路 2021.9