

トンネル内ラジオ再放送システム Radio RE-Broadcasting System in Tunnels

熊谷 博 Hiroshi Kumagai	高橋 雅久 Masahisa Takahashi	浅井 正友 Masatomo Asai	中村 哲也 Tetsuya Nakamura	水口 松美 Matsumi Mizuguchi
須貝 尚之 Hisayuki Sugai	山本 泰央 Yasuhisa Yamamoto	初野 薫 Kaoru Hatsuno	山本 東明 Haruaki Yamamoto	

Since approximately 70% of Japan's national land is occupied by mountainous areas, such areas almost necessarily appear when traffic networks between large cities are developed. Hence, if traffic networks are developed such that they thread through mountainous areas, costs can be reduced. However, the roads will wind making it an accident-prone area. However, even if the road is made straight by constructing a tunnel, new risks will occur because inside of the tunnel is a dark closed space.

Thus, one of the devices for reducing such new risks as much as possible is the radio re-broadcasting system.

By installing the radio re-broadcasting system, radio broadcast can be listened to even inside the tunnels, which could not be previously be heard. In addition, in emergency cases, this system can provide information directly to the drivers who are driving inside tunnels by interrupting the radio broadcast and providing interruptive broadcast (providing information). This is a system by which drivers can receive information without using any special devices or conducting any needless operations, simply by listening to the radio during driving.

1. まえがき

「トンネル内ラジオ再放送システム」は、道路管理者が「路側放送」や「ハイウェイラジオ」と同様に一般道や高速道路等を走行中の車両に対し交通情報等を提供するシステムである。

路側放送やハイウェイラジオは、情報提供区間内で走行中のドライバーにこの先の道路情報等を提供するシステムであるのに対し、「トンネル内ラジオ再放送システム」はトンネルに設置され、そのトンネル内や出口付近などの交通情報を提供するシステムである。

トンネルは、渋滞の原因になりやすく、また事故が発生した場合重大事故に発展する場合があるため、トンネルでは円滑な交通整備や、事故発生時の速やかな避難誘導等のための情報提供が必要になる。この為、トンネル内を走行中のドライバーに対し直接情報提供が可能な「トンネル内ラジオ再放送システム」は有効なシステムである。

さらに、近年は掘削技術の発展により山間部の数キロにおよぶような長さのトンネルや都市部でも交通渋滞の緩和の為トンネルの数が増え防災設備としての「トンネル内ラジオ再放送システム」に対するニーズが再び高まっている。

そこで、長年の実績の中から2007年6月23日に開通したNEXCO中日本殿の『圏央道 あきる野IC～八王子JCT間ラジオ再放送システム』を元にラジオ再放送システムについて紹介する。

2. システムの概要

トンネル内は放送局の電波が届かないためラジオを聞くことが出来ない。そこで、トンネルの外で聞こえるラジオ

をトンネル内でも聞こえるようにトンネル内にのみ再放送し、また非常時にはラジオ放送を中断し道路管理者から交通情報等を提供するための割込放送を行う。(図1, 2参考)

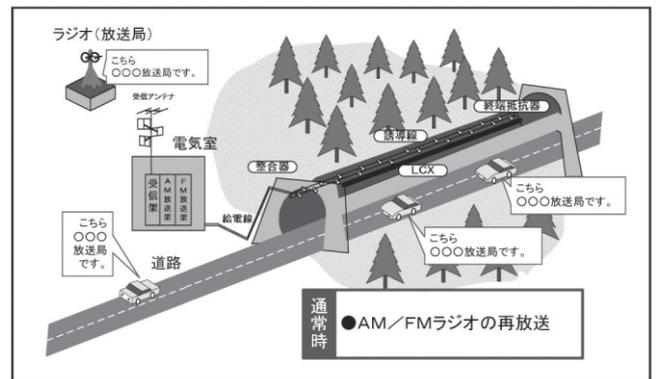


図1 通常時
Fig.1 in normal cases

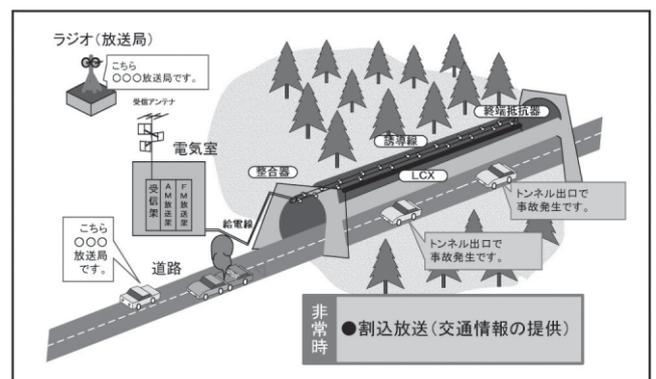


図2 事故発生時
Fig.2 When an accident occurred

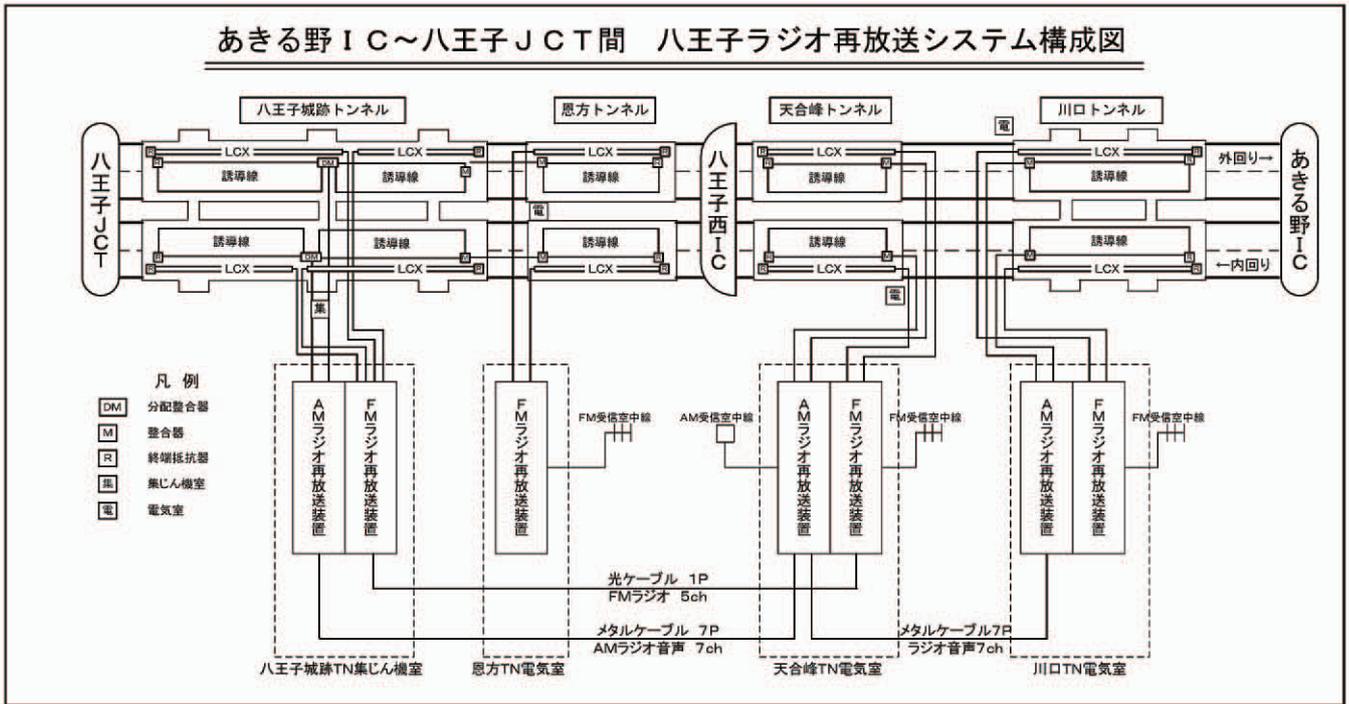


図3 システム構成図

Fig.3 System configuration diagram

この為、トンネル内を走行中のドライバーはラジオを聞いているだけで非常時に情報を受信することが出来る。

また、有料道路等ではドライバーへのサービスとしてラジオの再放送のみを行うシステムを設置する場合も有る。

3. 圏央道 あきる野IC～八王子JCT間 システム

図3に示す通り、圏央道のあきる野IC～八王子JCT間には「川口トンネル」「天合峰トンネル」「恩方トンネル」「八王子城跡トンネル」の4つのトンネルが有り全てのトンネルで下記のラジオの再放送を行っている。

再放送周波数 (AM7ch/FM5ch)

AM1ch	NHK第1	594kHz
AM2ch	NHK第2	693kHz
AM3ch	TBS	954kHz
AM4ch	文化放送	1,134kHz
AM5ch	ニッポン放送	1,242kHz
AM6ch	ラジオ日本	1,422kHz
AM7ch	山梨放送	765kHz
FM1ch	FM東京	80.0MHz
FM2ch	J-WAVE	81.3MHz
FM3ch	NHK FM	82.5MHz
FM4ch	NACK5	79.5MHz
FM5ch	FM富士	78.6MHz

また、本設備は割込放送を行わないサービス放送である。トンネル内ラジオ再放送システムを設置するためには、著作権保護のため「放送局の同意書」が必要になる。さらに

AMラジオの場合、高周波利用設備となるため、総合通信局からの「許可状」が必要となる。FMラジオの場合には、微弱放送で再放送を行うため「放送局の同意書」のみで総合通信局の許可状等は不要となる。

3.1 AMラジオ再放送システム

天合峰トンネルに設置されたAM受信空中線（図4）でAMラジオを受信している。受信した信号をAMラジオ再放送装置（図7）で復調し川口TN電気室及び、八王子城跡TN集じん機室にメタルケーブルで伝送している。

このように、AMラジオ再放送システムの場合、受信音声メタルケーブル等で容易に伝送することが可能な為、受信音声の共通化が可能である。

AMラジオ再放送装置では、受信し伝送された信号を振幅変調し定格電力まで増幅してからトンネル内に布設された誘導線（図5、図6）を送信アンテナとして放送を行っている。誘導線は一般的に通常走行車線と追越車線に碍子（図6）を使用して1本ずつ布設する。誘導線は壁面や他の金属（照明等）から離隔を取る必要が有るため、碍子を使用して離隔を取り施工する。離隔を取らずに施工すると誘導線の放射効率が落ちトンネル内で十分な電界を得ることが出来ずカーラジオで受信できなくなる。

この為、適度な離隔を取るによりトンネル内では、受信電界を60dB μ V/m以上を目標に設置する。但し、高周波利用設備であるため電波法上の規格である『周波数の許容偏差』『高調波及び寄生発射の強度』『漏洩電界強度』の規格を満足しなければならない。規格を下記に示す。

- 1) 周波数の許容偏差
『許容差は、千分の1とする。(=0.1%以内)』
- 2) 高調波及び寄生発射の強度

特集
防災関連システム&機器

『搬送波に対し30dB以上低いこと』

3) 漏洩電界強度

『線路から $\lambda / (2\pi)$ の地点で
200 $\mu\text{V}/\text{m}$ (46dB $\mu\text{V}/\text{m}$) 以下』



図4 AM受信空中線(上)とFM受信空中線(下)
Fig.4 AM Receiving Antenna (Upper) and
FM Receiving Antenna (Lower)

3.2 FMラジオ再放送システム

FMラジオ再放送システムも基本的にAMと同様にFM受信空中線(図4)で受信した信号を定格電力まで増幅しトンネル内に布設された漏洩同軸ケーブル(以下LCX(Leaky Coaxial cable)と言う。)(図5, 図6)を送信アンテナとして放送を行っている。

但し、FMの場合「放送局の同意書」に「ステレオ放送」でかつ「FM多重信号」を再放送する事が条件に挙げられている事が多い。この為ステレオでFM多重信号を再放送するためには、復調せずに再送信する必要があるためFMラジオはメタルケーブル等で受信音声を送ることが出来ない。この為、AMとは異なり基本的に装置毎に受信を行う必要がある。

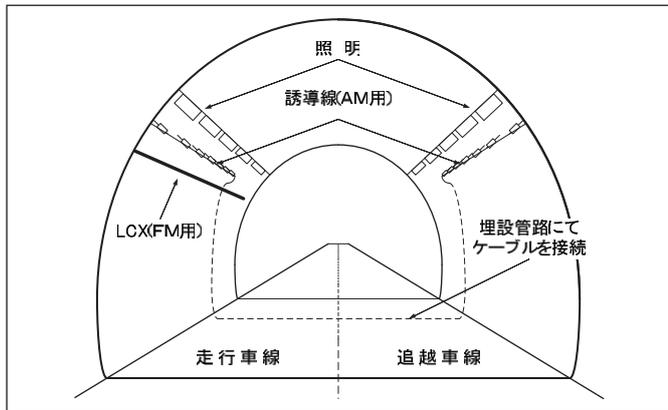


図5 トンネル断面図
Fig.5 Tunnel cross-section diagram

但し、トンネル内の集じん機室等「FMラジオ再放送装置」を設置する場所で受信が不可能な場合、光伝送装置を用いて伝送する事が可能である。この場合、その場で受信出来なくても「ステレオ放送」でかつ「FM多重信号」での再放

送が可能となる。

また、FMラジオは『微弱放送(免許を要しない無線局)』で放送を行うためトンネル内の電界に電波法で定められた上限値ある。規格を下記に示す。

1) 微弱放送(免許を要しない無線局)

『無線設備(送信空中線)より3mの距離において
500 $\mu\text{V}/\text{m}$ (54dB $\mu\text{V}/\text{m}$) 以下』

さらに、最低電界は約30dB $\mu\text{V}/\text{m}$ 以上を目標に設置する。この為事前にLCXの設計を十分に行い必要がある。



図6 誘導線(上)とLCX(下)
Fig.6 Induced Cable (Upper)
And LCX (Lower)



図7 AM/FMラジオ
放送装置
Fig.7 AM/FM Radio
broadcasting device

4. 特長

今回納入したラジオ再放送システムにて他のトンネルにはあまり見られない特長を下記に示す。

4.1 横断ケーブルの埋設

誘導線は図5で示すとおり平衡2線でトンネル内に布設するため2本必要になる。また、この2本のケーブルは接続する必要がある走行車線と追越車線に布設した場合、トンネルを横手方向に横断する必要がある。

先にも述べたが誘導線は、壁面や金属物と近づくと放射効率が低下してしまうため、通常は碍子を使用して天井で横断し接続する。

今回設置したトンネルでは、事故等による影響で誘導線の切断や碍子の落下、また切断時等の復旧作業を考慮し天井横断を止め埋設管路を使用してケーブルを横断する事となった。誘導線をそのまま埋設管路に入れて接続するとトンネル内の電界低下が予想された。この為、埋設管路に通すケーブルは外部金属等の影響を受けにくいケーブルを選定し使用した。

4.2 八王子JCT側のトンネル拡幅

八王子城跡トンネルの八王子JCT側の坑口は、トンネルの

出口がJCTの為トンネル内部で分岐が始まり拡幅している。この為トンネルの断面の長さが通常2車線で10m程度に対し坑口付近では4車線の約20m以上にもなる。図8、図9に八王子JCT側の南坑口を示す。



図8 八王子城跡TN 南坑口
Fig.8 South pithead of Hachiojijouseki TN

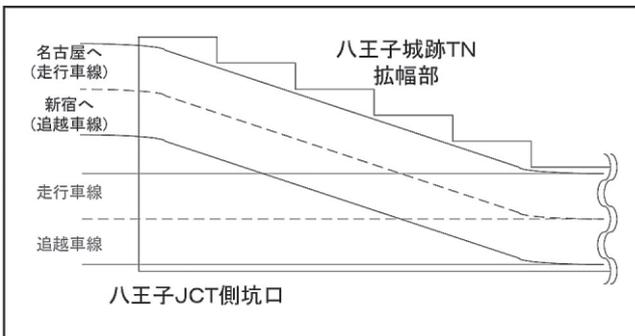


図9 トンネル拡幅部
Fig.9 Widening part of Tunnel

今まで3車線のトンネルは、東名高速自動車道路や中央自動車道などで実績は有るが、4車線は初めての試みであったがトンネル内のレベルを計算すると、FMラジオについては、今までと同じ施工方法でも電界を確保する事が出来た。

しかし、AMラジオについては、今まで3車線のトンネルの実績からも4車線部分を考慮するとトンネルの一部で電界が確保出来ず受信できない事が予想された。

そこで、拡幅部のみに誘導線の放射効率を上げる特殊な金具を造り、碍子と壁面の間にこの金具を設置して施工した。この結果、図10, 11, 12に示すとおり八王子JCT側 (左側) で電界の低下は有るものの拡幅部の全車線において目標値 (60dB μ V/m) を下回ることなく再放送を行うことが出来た。

5. あとがき

ラジオ再放送システムは、1976年から30年以上の実績があり納入したトンネルも1200を越えている。

この長さ実績で蓄えたノウハウを元に今回の様なケースであっても当社独自のノウハウを駆使した結果支障なくラジオ再放送システムを納入することができた。

今後、掘削技術の進歩や、都市型交通の複雑さなどから色々な形状のトンネルが予想される。しかし、今回の経験を生かしより複雑なトンネルにも対応して行きたい。

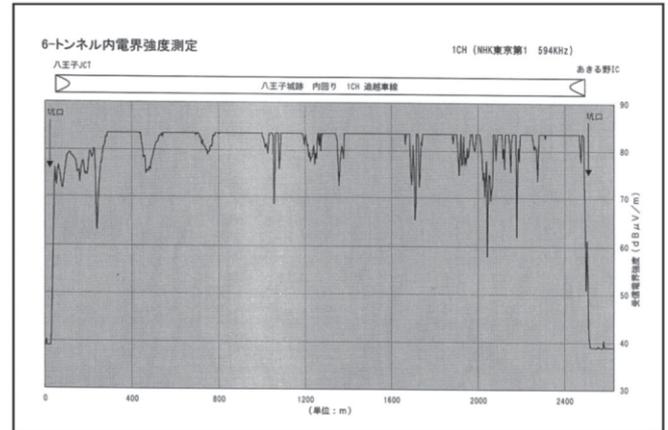


図10 八王子城跡TN 594kHz
Fig.10 594kHz Data in Hachiojijouseki TN

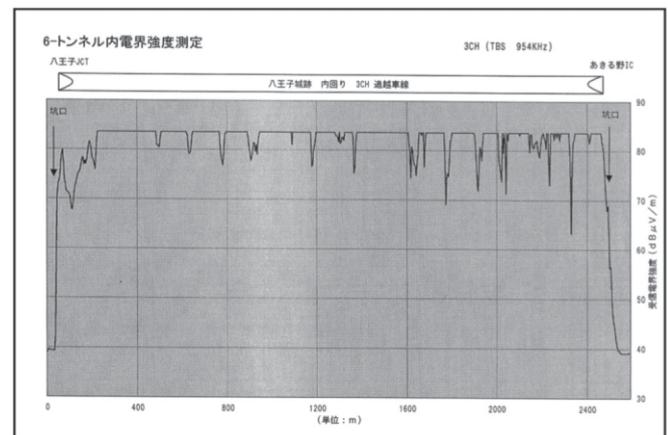


図11 八王子城跡TN 954kHz
Fig.11 954kHz Data in Hachiojijouseki TN

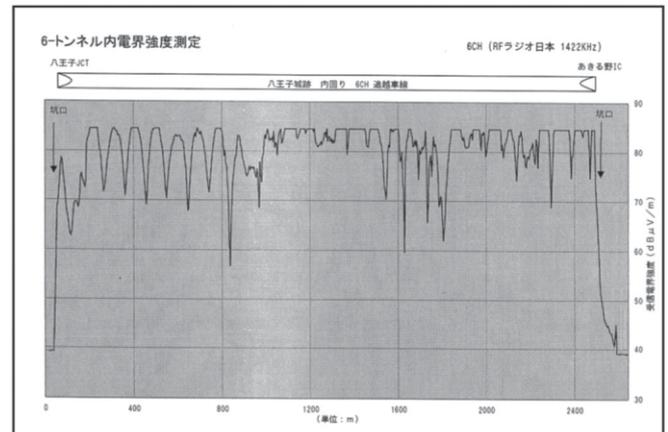


図12 八王子城跡TN 1422kHz
Fig.12 1422kHz Data in Hachiojijouseki TN

最後に、本システムを納入するにあたりNEXC中日本殿に色々ご指導頂きましたありがとうございます。

用語一覧

- AM: Amplitude Modulation (振幅変調)
- FM: Frequency Modulation (周波数変調)
- LCX: Leaky Coaxial cable (漏洩同軸ケーブル)
- TN: Tunnel (トンネル)
- IC: InterChange (インターチェンジ)
- JCT: junction (ジャンクション)

特集
防災関連システム&機器