

自動運転、5G通信進歩に必要な新技術と材料

◆運転手不足などで地方の公共交通の維持が難しく、さらに都会にも

地方では過疎化の影響などで、公共バスや鉄道の維持が困難になっているところが多くなっている。理由の一つは運転手不足にあり、これは都会も例外ではなくなっている。2019年4月にはNHK「クローズアップ現代」で、「ドル箱路線が次々と、都市の路線バス減便の衝撃」が放送された。池袋や、新宿、さらには京都、福岡など都市のバスが421路線で減便になっているとのことで、より混雑が増している。運転手不足と、それによる人件費のコストアップが原因だ。デマンドバスやAIタクシーなどさまざまな対策が検討されているが、将来的に注目されるのはバスやタクシーなどの自動運転による無人運転化だ。鉄道ではすでにいくつかの路線で運転手無しで運行されているが、一般道を走るバスでは技術的にはるかに難しく、実用化を目指し、現在さまざまな実証運行がなされている。

19年5月、高速バス大手のウィラーが同年秋から国内で自動運転の実証をすること、それに先駆け6月からシンガポールで実験を行うことを発表した。15人乗りの自動運転バスを国立公園内2.5kmで走らせる。スタッフが同乗し緊急時には停止させる。中国では、19年5月に大手バスメーカー宇通集団が5Gスマート路線バスプロジェクトを開始させた。自動運転バス「小宇」を開発し、河南省鄭州市新区にある「智慧島」の循環ルートで運転を開始した。車内には運転席もハンドルもなく、安全スタッフが同乗し緊急時には停止させるのはウィラーと同じだ。

◆自動運転の実証が進み、20年には地域限定での実用化へ

自動運転には、どのようなシステムを使用するか、運転者は必要かなどにより5段階で表されることが多い（表1）。現在は高速道路に限定した部分的自動運転であるLevel2までが実用化され、対応の車が販売されている。ウィラーのバスはLevel3で、宇通集団のバスはLevel4に相当する。

日本政府は、地域を限定したトラックや、バス、タクシーでは20年にも実用化する計画だ。そのためのさまざまな実証実験が行われているが、その例の一つが18年10月に、茨城県日立市のバス専用道を用いた実証実験だ。最近鉄道路線を廃

止しバス専用道にして定時制を確保する取り組みがある。ほかの車の走行がないので無人運転での技術的な困難さは一般道より小さい。それでもさまざまなセンサを搭載し（図1）、安全確保を図っている。Level3相当だがアンケートなど実証結果は19年5月ころ経産省から公表される計画だがやや遅れているようだ。

表1 自動運転のLevel分け（各種資料を基にARC作成）

Level	0	1	2	3	4	5
		運転補助	部分的自動運転	条件付自動運転	高度自動運転	完全自動運転
運転者	運転の主体者			監視義務、緊急時操作	限定地域では不要	常時不要
事故責任	運転者			(運転者、システム)	システム	
走行地域 全域	○	○				○
高速道路	○	○	○	○	○	○
一般道	○	○		○	○	○
市街地	○	○			○	○
通信（インターネット）	不要（スタンドアロン）			必要（高速低遅延の5G環境）		
自動化機能		自動ブレーキ	渋滞追従	高速追従	信号停止／発車	
		衝突警報	駐車支援	合流分岐	歩行者、車両回避（対向車）	
		速度維持	車線変更	車線変更	障害物回避／徐行	
		車線維持支援	合流分岐など	追い越し	交差点右左折、侵入、停止	
		駐車支援など		完全自動駐車	標識認識走行	
日本での実用化、目標			2017年済み	2020年	2025年	2030年

注；自動運転の定義はSAE internationalによる

◆自動運転に必要なセンサや通信技術

図1には、日立市で使用されたバスに搭載されているセンサ類が示されている。自動運転では人間の認知や判断を機械ですするため、表2に示すようなセンサが搭載されている。



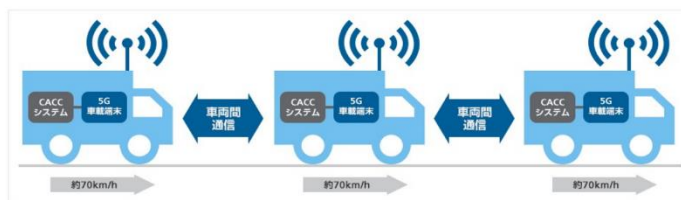
カメラは人間の目の代わりになるが、暗闇や霧などでは認識しにくいいため、特性に応じてミリ波レーザや超音波レーザなどを併用する。Level2 までであれば、ほぼそれらのセンサで間に合うが、Level3 以上では赤外線を使用したLiDARが必須になる。

図1 日立市での実証に使用されたバス（出典；国土交通省）

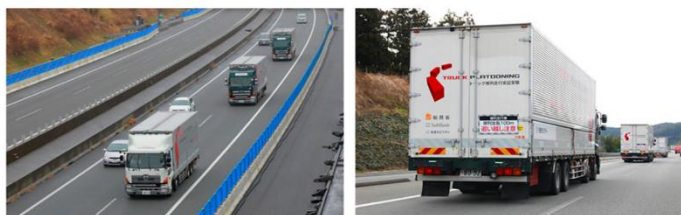
Level2までなら認知と判断操作は車内で完結するため、インターネット通信はほぼ不要だが、Level3以上では車間や道路の情報などを入手するため、外部との通信が必要になる。車は高速で移動しているため、自動運転には高速低遅延の5G通信は必須になる。5G通信を使用した実証としては、高速道路でのトラックの隊列走行があげられる。E-コマースの普及もあり、現在では物流量が急速に増えているが、トラックの運転手も不足している。そのためソフトバンクは、19年6月11日、高速道路で5Gの車両間通信を使用した世界で初の、車間距離自動制御（隊列走行）の実証に成功したことを発表した（図2）。

表2 自動運転に必要なセンサ （各種資料を基にARC作成）

種類	カメラ	LDAR	ミリ波レーザ	超音波
センサの仕組み	可視光	赤外線	ミリ波電波 76GHz（前方検出用）、24GHz（後方や側方検出用）	超音波
特徴	道路標識や白線などの認識。複眼にすれば距離測定が可能。	電波の反射率が低い段ボール箱、木材、発泡スチロールなども検出が可能。Level3以上では必須。	光源や天候に影響を受けずに検出特性を維持できたり、正確に対象物までの距離を計測できる。	車のバックソナーや前方のソナーセンサーとして搭載されており、自動駐車など低速域における周辺の距離センサとして活用。
欠点	夜間や逆光に加え、濃霧、豪雨、豪雪などの悪天候の場合は検出能力が低下する。	高価	物体の形の識別が困難だったり、電波の反射率の低い段ボール箱や発泡スチロールなどの検出が難しい。	周波数帯20kHz～とミリ波レーダに対して低いため、直進性が低く計測距離も～10m程度。



実験の構成



実験の様子（静岡圏内）

図2 5G通信による隊列走行実験
（出典；ソフトバンク、6月11日プレスリリース）

◆自動運転用センサや5G通信に必要な材料

表3に自動運転や5G通信に必要な技術と材料の例を示す。

自動運転のために必要なセンサは、車の周囲の情報をセンシングするために車の外の風雨にさらされる場所に設置されることになるため、ミリ波などレーザー光は透過しつつ、強固な封止が必要になる。レーザー溶接材料はレーザー光により発熱して樹脂が熔融して封止されるので強固にセンサ部を保護できる。

Level3以上の自動運転車は電気自動車（EV）のほうが内燃機関の車より相性が良い。EVには電池やモーター、パワー系電子部品などのほかに数多くのセンサが使用されるので、誤動作や混信防止のための電磁遮蔽材料は重要な材料だ。多くは金属箔や金属の網線などが使用される。プラスチック筐体の場合には内側に金属めっきをしたり、金属塗料を塗布するなどの方法があるが、プラスチック自体にその機能を持たせる例も増えている。導電性を付与するために炭素繊維との複合材料にするなどの方法がとられる。

高周波部品では電力使用量が増え、そのため発熱も多くなる。5G対応スマホでは持つのが不快になるほど熱くなったり、またすぐに電池が消費するなどの課題も予想される。そのため除熱のための高熱伝導性材料、しかも難燃性も必要だ。EVでもセンサ類が増え消費電力は増えるため、大容量電池もますます必要になるだろう。全固体電池やポストリチウム系電池にも注目が集まりそうだ。

表3 自動運転に必要な技術と材料 （各種資料を基にARC作成）

	要求性能	必要な材料、技術
自動運転センサ	小型、モジュール化	M E M S レーザ溶接材料
	誤動作防止、混信防止	電磁遮蔽材料
	高周波（ミリ波77GHz）	低誘電、低誘電正接材料
	電気自動車の高性能化	大容量電池、軽量化
5G通信	高周波（28GHzなど）	低誘電、低誘電正接材料
	小型、高速信号処理で発熱	難燃、高熱伝導性材料
	対応スマホの長時間使用	大容量電池

◆低誘電率、低誘電正接材料が高周波化で重要に

ミリ波センサでは77GHz、また5Gでは今後は28GHzなど、高周波の信号処理が必要になるが、そこで問題になるのが途中で信号が弱くなる伝送損失だ（図3）。

伝送損失は以下の式によるが周波数が高くなると比例して大きくなるため、損失を小さくするためには誘電率や誘電正接が極力小さな基板材料が求められる。

$$\text{伝送損失} = k \times f \text{ (周波数)} \times \sqrt{\epsilon_r \text{ (誘電率)}} \times \tan \delta \text{ (誘電正接)}$$

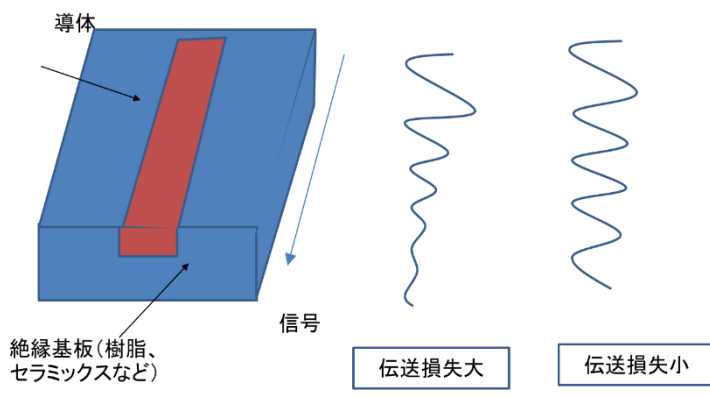


図3 高周波回路における伝送損失

誘電は絶縁基板に電圧をかけた時に電子の偏り（分極）が起こることで、誘電率はその程度を示す特性値だ。低誘電率化には分極率の小さな原子を使用したり極性の小さな構造設計が重要だ。

誘電正接は誘電体に交流電圧をかけると分極の影響で電気エネルギーの一部が熱エネルギーになることでエネルギー損失が生じる。誘電正接はその度合いを示す特性値だ。分子運動を抑制することが重要で、芳香族ケトン構造などが選ばれる。表4に代表的な材料と特性を示す。

表4 低誘電、低誘電正接材料（各種資料を基にARC作成）

材料名	PTFE	Bismaleimide	LCP	PPE	PI	Epoxy
	ポリテトラフルオロエチレン	ビスマレイミド系	液晶ポリマー	ポリフェニレンエーテル	ポリイミド	エポキシ
誘電率 (εr) 60Hz	2.1	2.4	2.9	3.1~3.7	3.3	3.9
誘電正接 (tan δ) "	0.0005	0.0018	0.003	0.001~0.005	0.003	0.008
線膨張係数CTE (ppm /°C) <Tg	220	120	0-40	40~70	40~60	
主な参入企業	デュポン ダイキン	日立化成	村田製作所 クラレ ポリプラスチック	パナソニック 利昌工業	新日鉄化学 住金東レ カネカ	
特徴	導体密着性低い 高価		低CTE 導体密着やや低い	安価		

◆低誘電率、低誘電正接材料開発も活発に

表4に低誘電率材料の例を示すが、従来はフッ素系材料が主流だった。PTFEはその代表的なものだが、フッ素系は価格が非常に高価であるということと、表面の粗化がしにくいこともあり、導体との密着性が低いという欠点があった。LCP材料は芳香族ポリエステル構造の化合物で、事業化に向けて各社が活発に開発を行っている。村田製作所の「メトロサーク」はLCP樹脂多層基板で、18年前半は歩留まりが悪かったが後半にかけて改善し、大きく拡大している。現在の売り上げ規模は数百億円程度とみられるが、21年度には1千億円の売り上げを計画している。その他、クラレや住友化学、ポリプラスチックなども参入し、今後市場は大きく成長しそうだ。

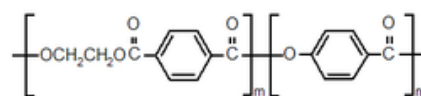
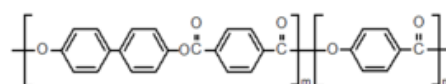
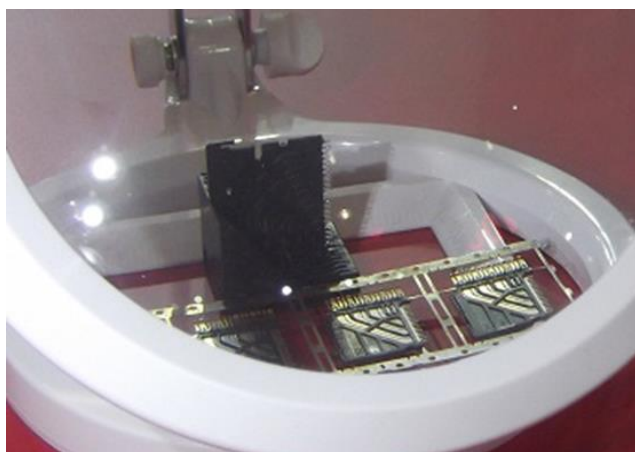


図4 LCPにより製作された5G通信用部品（左）（出典；CHINAPLAS2019でのポリプラスチックのブース）とLCP樹脂の構造例（右）

PPEは芳香族エーテル構造の樹脂で、20年ほど前から高周波用として使用されてきた。しかし、当時はサーバーや携帯電話の基地局、宇宙用などがメインで市場は大きくなかったが、今後高周波部品がセンサや5G通信で使用されることで、市場は大きく拡大しそうだ。ガラス繊維に含侵させて硬化した状態で使用するが、特徴はほかの材料に比べ比較的安価なことだ。カネカは19年4月に5G対応ポリイミドを開発したことを発表した。その他の材料も含め今後が注目される。

自動運転の進歩、普及には、センサや5G通信デバイスなどの進歩、さらには高容量電池などが必須になるが、それにはさまざまな材料の革新も欠かせない。化学など材料、素材メーカーにとっても大きなチャンスになるだろう。 【松田英樹】