成田スカイアクセス線　列車選別による GG 現示制御

［電］横田 倫一　　［電］柴田 朋一　　○金澤 裕慈（鉄道・運輸機構）

北村 恵喜　　安達 晃徳（京成電鉄）　　津田 圭一　　本村 真一郎（京三製作所）

GG Aspect Control by Train Identification in Narita Rapid Rail Access Line

Rinichi Yokota,　Tomoichi Shibata,　○Yuuzi Kanazawa, (JRTT)
Keiki Kitamura,　Akinori Adachi, (Keisei)　Keiichi Tsuda,　Shinichirou Motomura, (Kyosan)

Skyliner runs at 160 km/h between Narita Airport Terminal 2 station from Inba Nihon-Idai station in Narita Sky Access Line (from Keisei Takasago, down town Tokyo to Narita International Airport) as a purpose of running time shortening. A general access express (120 km/h of maximum speed) also runs in Narita Sky Access Line. So it is necessary to make to appear GG aspect only at Skyliner. Therefore, Skyliner is detected with a train identification device called "IDENTRA" and this detection condition is made to appear GG aspect.

キーワード： GG 現示，列車選別，アイデントラ
Key Words : GG aspect, Train identification, IDENTRA

1．はじめに

H22 年 7 月に開業した成田スカイアクセス線（京成高砂・成田空港間 51.4km）は都心と新東京国際空港を最短で 36 分で結ぶ路線であり，高速化改良区間である北総線（京成高砂・印旛日本医大間 32.3km）を 130km/h，延伸区間である成田高速鉄道アクセス線（印旛日本医大・土屋間 10.7km）および成田空港高速鉄道線（土屋・成田空港間 8.4km）を在来線最高速度の 160km/h で走行している。成田スカイアクセス線路線図を図 1 に示す。成田スカイアクセス線の延伸区間では，スカイライナー車（以下，「新 AE 系」とする。）は 160km/h，一般アクセス特急車（以下，「3700 系」とする。）は 120km/h で走行する。地上信号機方式にて 160km/h 走行を行う新 AE 系に対しては，GG 信号（高速進行信号）を高速許可信号とした。3700 系は，通常の現示配列と同様に G 信号（進行信号）を最高現示の進行信号とした。そのため 160km/h 走行を可能とする GG 信号は高速許可信号として，新 AE 系のみに現示させる必要があり，アイデントラ列車選別装置を設備した。本論文では，列車選別方式の他線区との比較，列車追跡論理，使用周波数の選定試験について報告する。

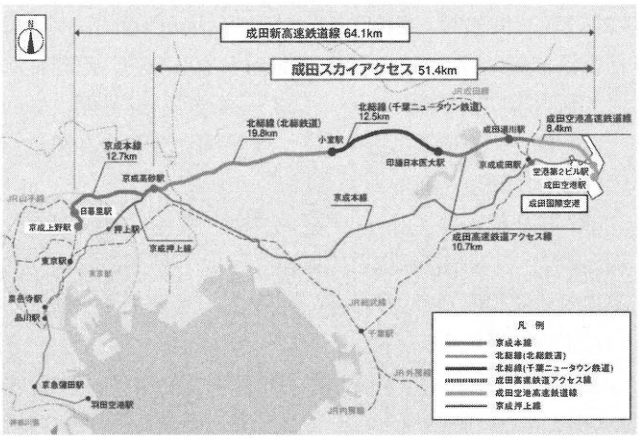

図 1　成田スカイアクセス線路線図

2．高速度対応現示方式

成田スカイアクセス線の運転最高速度は，印旛日本医大～空港第 2 ビル間において 160km/h である。また，同区間の計画最小運転時隔 3 分から，高速進行信号(GG：160km/h)，進行信号(G：130km/h)，抑速信号(YGF（YG フラッシュ）：105 km/h)，減速信号(YG：75km/h)，注意信号(Y：45km/h)，停止信号(R：停止)の 6 信号現示体系を新たに導入した[1]。GG 信号は，北越北線（北越急行，六日町・犀潟間 59.5km，1997 年開業）と同様に高速許可信号の位置づけとし視認性の観点から G 灯と G 灯間を 3 灯空けた。また，YGF 現示は Y 灯と G 灯の 2 灯を同時に明滅する現示方式で，京浜急行電鉄にて導入されており，毎分 80 回で明滅する構成としている。GG 現示と YGF 現示が混在する信号現示体系は，国内で初めての試みである。

3．列車選別制御

成田スカイアクセス線の印旛日本医大から空港第 2 ビル間では，運転到達時分短縮の目的から新 AE 系は 160km/h 運転が行われる。同線区には，3700 系（最高速度 120km/h）も走行するため，新 AE 系にのみ GG 信号を現示させる必要がある。そのため，列車選別装置により新 AE 系列車を検知し，この検知条件により前方信号機に GG 信号を現示させる方式を採用した。

3．1　ATS－P による列車選別方式

これまでに実用化された列車選別方式によりGG信号を現示させる線区としては，北越北線がある(2)。北越北線では車上から地上への情報伝送が可能な自動列車停止装置ATS-P（Automatic Train Stop-Pattern)形を採用している。列車選別方法は，ATS-Pの付加機能である車上地上間双方向情報伝送機能により高速列車情報を車上から地上に伝送し列車選別している。列車がATS地上子上を通過する時，車上から「共通車上情報」が伝送される。「共通車上情報」には列車番号，列車種別，車両種別などの各種情報が含まれているが，その中で各車両の最高運転速度の情報である「車両種別」情報を使用して，130km/h超の走行可能な車両のみを地上装置側で高速列車と認識をさせ，ATS-P符号処理器内に設けた列車選別リレーを動作させ，このリレーの動作により高速列車であることを選別しGG信号を現示させる。図2にATS-Pによる符号処理伝送の概略図を示す。高速列車が信号機A付属のATS-P地上子T-180上を通過する時，車上情報をA符号処理器に伝送する。A符号処理器は高速列車の車両種別情報を受信した場合，列車選別リレーを動作させ，さらに符号処理器間伝送により信号機B付属のB符号処理器に高速列車情報を伝送する。B符号処理器は高速列車種別条件をB信号制御ユニットに出力する。B信号制御ユニットは高速列車種別によりGGリレーを動作させる。このとき前方3区間が開通していればGG信号が現示される。

3．2　アイデントラ列車選別装置

成田スカイアクセス線では自動列車停止装置としてC-ATS（Common & Continuous &Control Automatic Train Stop）を採用している(3)。C-ATSはディジタル符号伝送式のATSであり車上から地上への情報伝達機能を有せず，列車選別機能はない。そのため単独の列車選別方式を付加する必要がありアイデントラ列車選別装置を設備した。成田スカイアクセス線におけるアイデントラ方式での車上設備は，コイルとコンデンサによる単純な車上子だけでよく，地上装置としてはLC発振回路および周波数選別回路で構成した。図3にアイデントラ列車選別装置の動作原理を示す。車上子は車両床下に取り付け，車上子の内部にはLC共振回路がある。軌間内に設置する地上子は1次コイルと2次コイルの2巻線にて構成し，1次は受信器の出力に2次は受信器の入力にそれぞれ接続され，定常時は発振しないが，車上子と地上子が結合した時のみ，車上子を介して地上子1次コイルと2次コイル間の相互誘導作用により正帰還回路が構成され，車上子の共振周波数で発振する。この発振信号を車上子の共振周波数と同じ帯域のBPF（Band-Pass Filter：帯域通過フィルタ）で選別し，BPFの後段に設備したシュミット回路によりレベル判定を行い，BPF出力レベルが最小動作レベルを超えた場合にはMRリレーを動作させる。車上子と地上子が結合した場合だけMRリレーが動作するため，車上子を新AE系に設置すれば，新AE系が地上子上を通過すればMRリレーが動作し，これがスカイライナー検知条件（以下，「SKY条件」とする）となる。

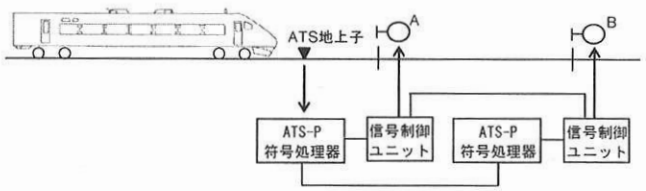

図2　ATS-Pによる符号処理伝送

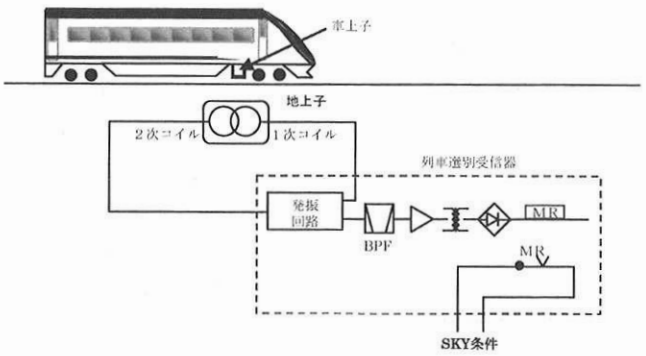

図3　アイデントラの動作原理

3．3　列車選別追跡論理

SKY条件は連動装置へ入力され，連動装置の結線で組まれたSKY条件順送論理により，スカイライナーの進行に伴って次閉そく区間へ順送される。地上子および受信器は途中駅の進入点および進出点にも設備し，SKY条件の順送が，故障などで条件が崩れた場合や，停電時のバックアップを行う。

（1）前提条件

①本線を走行する車両は，新AE系（10両191m）および3700系（8両144m）を想定する。

②GG信号現示制御は新AE系のみを対象とする。ただし，新AE系の営業・回送の区別は行わない。

③GG信号現示制御タイミングは，GG信号現示させる信号機から2閉そく前を基本とする。

④連続した1閉そく区間毎にそれぞれ1列車ずつ在線し，列車が連続した場合でも選別順送を可能とする。ただし，新AE系が自動閉そく信号機で無閉そく運転を施行した場合および滑走などによりR信号を現示している信号機内方に進入した場合は，SKY条件の選別順送が崩れる。（絶対停止信号機に対する無閉そく運転は考慮しない。印旛日本医大駅の場内信号機内方ハーフオーバーラップ区間については，続行列車の進入を考慮し，1区間に2列車在線しなければ選別順送を可能とする）

⑤絶対停止信号機（場内・出発）に対して，折り返し運転・進路復位・他進路構成などの操作を行った場合でも，新AE系に対してのみGG信号が現示される（選別条件が崩れない）よう考慮する。

⑥地上子結合からGG信号現示制御までを3秒以内とする。

⑦連動装置論理部の電源が断となった場合，連動装置で記

憶された SKY 条件が崩れるため，次の地上子を通過するまでは GG 信号現示制御はできない。
⑧車上子は電源装置を持たないため，コイルが脱落するなどの故障を検出ができないが，連動装置の SKY 条件および運行管理装置の列車種別条件を照合し警報出力する。
⑨指令員による GG 信号現示制御は行わない。

以上の前提条件を反映した印旛日本医大機器室の結線図の概略を図 4 に示す。図 4 による結線図の条件の流れを以下に示す。
①新 AE 系が XT 進入時，地上子通過により MR1 が扛上する。
②MR1 扛上により XTSKY が扛上する。
③XTSKY 扛上，31 イ T，2T 列車非在線，1R2 進路開通により 1R2SKY が扛上する。
④1R2SKY 扛上，32T，KT 列車非在線，3R 進路開通により 3RSKY が扛上する。
⑤3RSKY 扛上，335 - G 扛上により GGR が扛上する。
⑥3R - G 条件成立時に，GGR 扛上ならば 3R 灯器 GG 信号現示制御。
⑦3RSKY 扛上の条件を隣接機器室に送信する。

3．4　地上子の配置

地上子の設置位置は，駅を基準に「駅進入用」と「駅進出用」を上下線別に設けることを基本とした。SKY 条件の検知は区間最初の「駅進入用」地上子で行われ，以降は連動装置の順送論理により順送されることを基本とするが，機器室電源の停電，無閉そく運転，受信器の故障などにより選別条件の順送が崩れた場合を救済するために，バックアップとして 160km/h 走行区間内各駅に進入用/進出用の列車選別地上装置を設備した。個々の設置箇所にて地上装置は 1 重系構成とし，連動装置による条件順送および各駅の列車選別地上装置によりバックアップされる構成とした。駅進入用地上子は，該当列車を早く検知することが望ましいが軌道回路境界付近で停止している場合には，検知するべきではないため新 AE 系の 1 両 19m を考慮し場内信号機内方 20m を設置基準とした。ただし，印旛日本医大駅のみ 1R ハーフオーバーラップ終端から内方に 20m とした。駅進出用地上子は，通過後検知までの間に次軌道に進入することは望ましくなく，また前提条件⑥より GG 信号現示制御までを 3 秒以内としているため，最初の自動閉そく信号機手前 150m（max170km/h 走行，3 秒間で約 142m 走行より）を設置基準とした。図 5.1 に印旛日本医大の地上子配置，図 5.2 にその他駅の地上子配置を示す。

4．周波数選定試験

アイデントラ方式の列車選別装置を導入するにあたり，既存車両から発生する雑音電流の影響について確認を行い，車上子の使用周波数を決定するために，次項（4.1）の各項目を実測し確認した。

4．1　実施項目

(1) 車両床下機器との相互誘導による影響

既存車両の床下機器（制御装置，モーターなど）と列車選別地上子の相互誘導による列車選別受信器の発振周波数とリレー誤動作の有無を確認する。

(2) 車両のノイズによる影響

既存車両から発生するノイズにより，列車選別受信器が誤動作しないことを確認する。

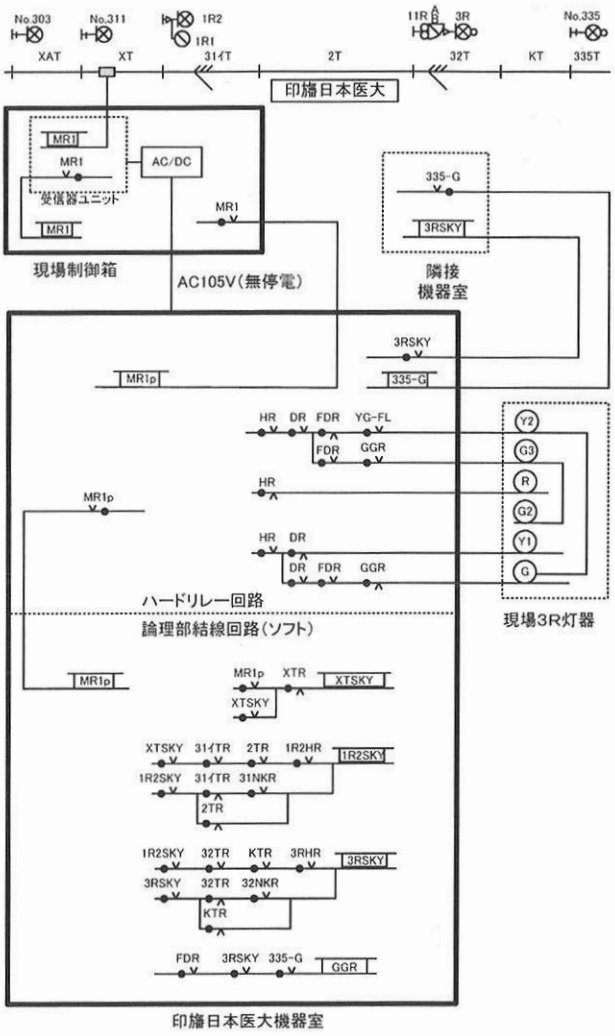

図 4　列車選別結線図

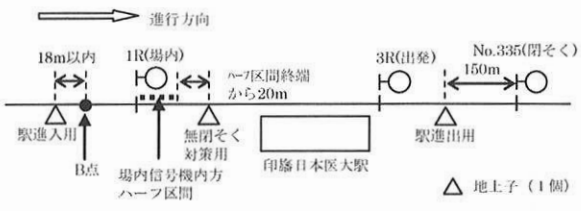

図 5.1　印旛日本医大の地上子配置

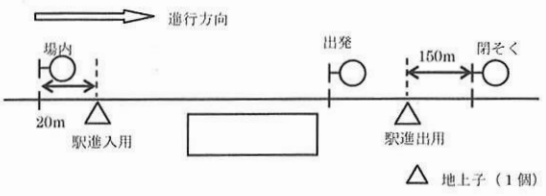

図 5.2　一般駅の地上子配置

（3）誘導無線設備による影響

京成線，北総線には，誘導無線による列車無線が設備されている。この誘導無線設備により，地上局から車上局間相互の交信を行った場合に列車選別受信器が誤動作しないことを確認する。

4．2　測定方法

図 6 に試験測定構成図を示す。地上子に受信器を繋げ候補周波数（100kHz, 110kHz）と周波数の特性を調査するために参考周波数（120kHz, 130kHz, 142kHz, 155kHz, 169kHz）の電圧を測定しメモリーハイコーダに記憶した。各周波数はアイデントラ装置で実績のある周波数である。アイデントラは周波数が高くなると応動距離が短くなる特性があるが，今回は高速対応のため応動距離を極力確保する必要性から，低周波である 100kHz, 110kHz を候補周波数とした。また，OSC（オシロスコープ）にて波形を記憶した。地上子の取付位置は施工標準による位置とした。他鉄道事業者も含め，乗り入れする全ての車両編成（16 編成）を対象に合計 139 編成にて試験を行った。誘導無線設備による影響試験では京成・北総の車両 2 本ずつ計 4 本にて，列車停車中に車上局から地上局相互間で交信し，その時の受信器各部出力を記憶した。

4．3　判定基準

判定基準は列車受信器の最小動作電圧 160[mVrms]から -6dB の 80[mVrms]とした。車両ノイズによる影響判定基準は，MR リレーの定格電圧 DC18V であり動作電圧が約 12V であることから，12V から-6dB の 6[V]以下を判定基準とし，接点が構成しないこととした。

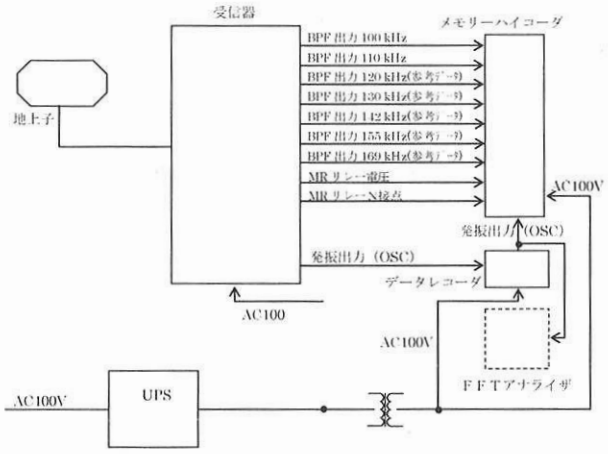

図 6　試験測定構成図

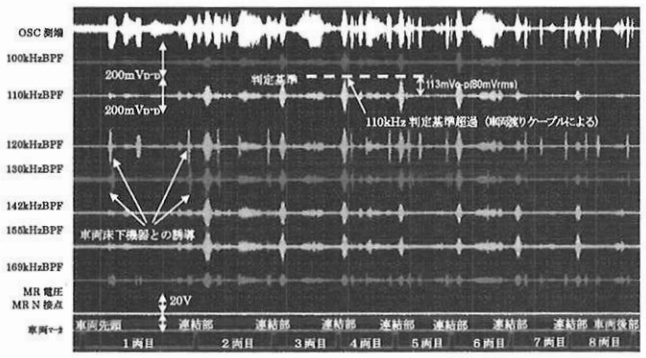

図 7　3700 系の出力レベル波形

4．4　測定結果

（1）車両床下機器との相互誘導による影響結果

3700 系の出力波形を図 7 に示す。他の周波数では見られないピーク値が 120kHz, 130kHz にのみ現れる。これは，車両床下機器との相互誘導による影響と考える。

（2）車両のノイズによる影響結果

測定結果より，3700 系の 110kHz 時に判定基準以上の 81.4[mVrms]を測定された。図 7 より，このノイズは車両連結部付近から発生しており，車両間渡りケーブルから誘導した影響と考えられる。なお，110kHz における他車両編成での測定および 100kHz での測定では，判定基準値以上の測定値はなかった。更に全体的に評価すると 110kHz より 100kHz がノイズによる影響が少ないため，車上共振周波数は 100kHz と決定した。

周波数による影響は 120kHz, 130kHz で最大値となり 100[mVrms]を超過する値も測定された。これは，車両機器制御装置によるノイズと車両床下機器との相互誘導による影響と考えられる。

（3）誘導無線設備による影響結果

測定結果より，候補周波数の 100kHz,110kHz では判定基準値の 80[mVrms]を大きく下回った。ただし京成線の地上局周波数である 130kHz，車上局周波数である 180kHz, 北総線の地上周波数である 170kHz, 車上局周波数である 235kHz 付近では多少のレベル上昇がみられた。

5．まとめ

成田スカイアクセス線の印旛日本医大～空港第 2 ビル間では最高速度 160km/h の新 AE 系と最高速度 120km/h の 3700 系が走行する。新 AE 系と 3700 系では，現示体系が異なるため，列車選別による制御が必要となる。列車選別にはアイデントラによる列車選別方式を採用した。また，連動装置の結線で組まれた SKY 条件順送論理により，新 AE 系の進行に伴って条件が次閉そく区間へ順送され，異常時においてもできる限り GG 信号現示制御ができるようにした。アイデントラ車上装置の共振周波数は車両ノイズの影響を実測し，影響が少ない 100kHz を採用した。実車両の走行による総合監査・検査を行い安定的に動作することを確認した。成田スカイアクセス線は平成 22 年 7 月に開業し，列車選別装置を含めた各電気設備は順調に稼動し，国内在来線最高速度の 160km/h にて走行している。

参　考　文　献

(1)宇賀神博，田村敏昭，米山信二，藤浪浩平：「地上信方式での速度向上に伴う新たな信号現示」，鉄道総研報告，RIRI REPORT VOL.9, No10, p49-54 (1995.10)

(2) 奥谷民雄：「在来線の高速化と信号保安設備」，平成 8 年度信号ゼミナール，p.45-47 (1996)

(3) 北村恵喜，安達晃徳，奥津佳之，岡本誠司，前田浩二郎，中山善郎，丸山晃司，川岡千輝：「多情報パターン制御式 ATS「C-ATS」装置—相互直通運転に対応した地上データベース方式—」，鉄道と電気技術，VOL.19，No.10 p.49-54 (2008)