

## 20. CPDLCを用いた航空路管制シミュレーション実験

監視通信領域 ※板野 賢、塩見格一

### 1. はじめに

CPDLC(Controllor-Pilot Data Link Communication：航空管制官-パイロット間データリンク通信)は航空管制用に用いる空/地間のデータリンク通信である。CPDLCは管制間隔が大きく時間的余裕がある洋上空域の航空管制には我が国等でも用いているが、管制間隔が小さい航空路管制に用いているのは現在では欧州の一部空域に限られている。

しかし、我が国でも航空交通の安全性・利便性の向上ならびに航空保安業務の効率化等のため、航空局のCARATS(将来の航空交通システムに関する長期ビジョン)でも使用を検討している。

本研究では、国内空域にCPDLCを導入した場合、航空管制官の通話時間がどの程度減少するかを定量的に測るため、また、国内空域ではどのようなCPDLCのメッセージ・セットが必要かを検討するためシミュレーション実験を行った。ここでは、実験の概要と結果について述べる。

### 2. 実験の概要

シミュレーション実験のため図1に示す実験システムを試作した<sup>[1]</sup>。実験システムは図1の手前から管制卓、シミュレータ本体、パイロット卓となる。管制卓を管制官役が、また、パイロット卓をパイロット役が操作して実験を行った。

実験を行う空域としては、旧関東北セクター(シミュレータの製作後、空域の再編があったため)を選んだ。その理由は同空域では羽田・成田空港の離発着便、洋上から等の通過機、福島等の小空港の離発着便、また、百里・横田等の軍用機等を取り扱い、管制の運用方式が変化に富んでいるためである。

CPDLCのメッセージはICAO(国際民間航空機関)の標準および勧告方式ではup-linkで300種以上が定義されている<sup>[2]</sup>。欧州で用いているCPDLCはこの中のごく一部のメッセージを使用しているにすぎない。我々も操作性等の観点から以下の3メッセージの使用に止めた。

ACM(ATC通信管理)サービスとして  
周波数変更指示



図1 シミュレーション実験システムの外観

ACL（ATC クリアランス）サービスとして  
 高度変更指示  
 針路変更指示

の3つである。

また、実験シナリオとしては3つのシナリオを用いて、CPDLC 対応機が占める割合を変えてどの程度航空管制官の通話時間が変化するか測定した。各シナリオとも時間あたりの処理機数は44~46機程度であり、シナリオの長さは30から40分とした。

また、使用する空/地データリンクとしてはVDL（VHF Digital Link：VHF デジタル・リンク）-M2を想定し、メッセージの送達には3~10秒ほどの遅延を織り込んだ。CPDLC アプリケーションとしては現在では複数のアプリケーションが提供されているが、このではATN（Aeronautical Telecommunication Network: 航空通信網）に準拠するCPDLC アプリケーションを使用した。

また、シミュレーション実験は現役の航空管制官が行うことが望ましいが、実験のため同一セクターの経験者を多数さくのは実運用にも支障をきたすので、航空管制官役としては管制官OBで関東北セクターの経験者10名に実施してもらった。

### 3. CPDLC の操作方法

図2は試作したシミュレータのCPDLCで高度変更指示を行う場合の操作手順を示す。図2の○がCPDLC 対応機の航空機シンボルを示す。

① まず航空機シンボルに付随するタグを右クリッ

クする

② 表示されるCPDLCメニューからALTを選択クリックする

③ 表示される高度一覧から指示高度を選択クリックする

④ CPDLCの電文が表示されるので間違いがなければOKを選択クリックする

以上の操作で、当該航空機に対してCPDLCの高度変更指示が送付される。進路変更指示の場合は②でRTEを選択クリックして同様の操作を行う。

また、周波数変更指示は航空機タグを選択後、キーボードの数字キー2を押下する。これにより当該航空機はハンドオフの状態になり、CPDLCの周波数変更指示が当該航空機に送付される。なお変更周波数は、航空機の行き先により自動的に選択される。

### 4. 実験結果

#### 4.1 音声実験結果

実験は各シナリオ毎に、音声のみ（CPDLC 対応機が0%）の場合と、CPDLC 対応機の割合を増やしていった場合で、管制官の通話時間がどう変化するかを測定した。まず、音声のみの場合から始め、CPDLC 対応機の割合を増やしていった。また、管制卓の操作やCPDLC 操作の慣熟のため、各実験の前に慣熟実験を行った。

表1は管制官Gの通話記録を示す。表1中のACMは前述した周波数変更指示を示す。表1からどのシナリオでも、CPDLC 対応機の割合が増加す

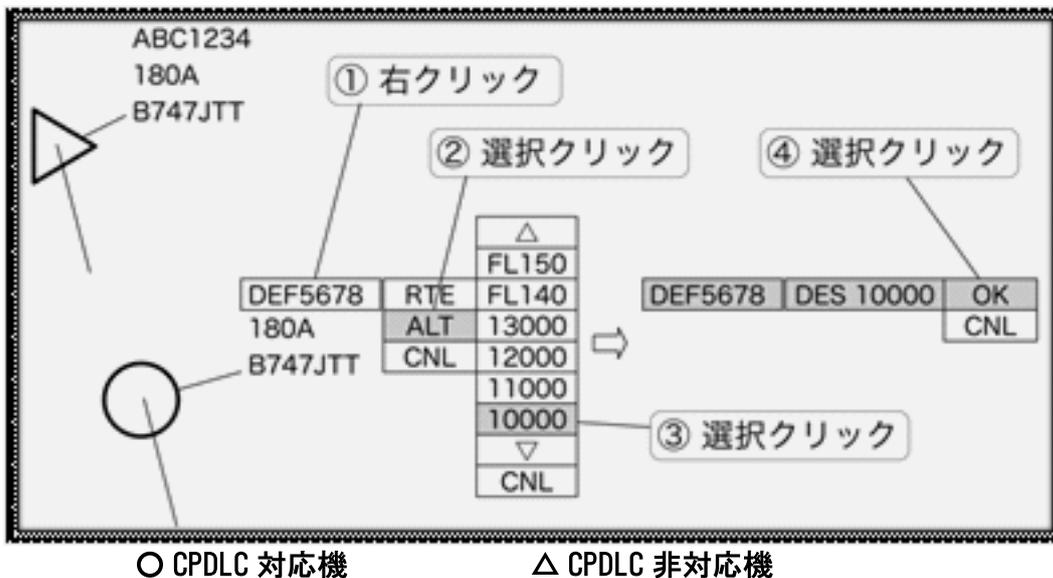


図2 CPDLCで高度変更指示を行う場合の操作例

表1 管制官Gの通話記録

シナリオC（40分）

CPDLC機の割合(%)	0	30	50	80
管制官の通話時間	466.9	349.5	329.8	190.2
ACMの通話時間	129.9	91.2	60.6	30.6
通話回数	141	105	96	69
ACMの通話回数	28	20	13	7

シナリオB（30分）

CPDLC機の割合(%)	0	30	80
管制官の通話時間	304.1	231.6	111.8
ACMの通話時間	75.7	49.4	18.2
通話回数	97	63	38
ACMの通話回数	14	11	4

シナリオA（30分）

CPDLC機の割合(%)	0	30	80
管制官の通話時間	371.6	235.3	119.3
ACMの通話時間	79.9	59.6	17.5
通話回数	106	73	38
ACMの通話回数	18	14	5

るに従って通話時間は減少する。音声通信のみの場合と比べCPDLC対応機の割合が80%では、通話時間は1/2以下になり、シナリオAでは1/3以下になる。特に、ACMでの効果は大きく、音声のみの場合と比べCPDLC対応機の割合が80%では、全シナリオでACMの通話時間は1/3以下に、シナリオA、Cでは1/4以下になった。また、シナリオCだけ4件の試行例があるのは、管制官Gの実験装置やCPDLCへの慣熟が早く、シナリオCの実験を行う際に慣熟実験を行う必要がなかったことによる。

表2は管制官Bの通話記録を示す。表1と比べて通話時間は管制官によりかなり変化するが、CPDLC対応機の割合が増えるにつれ通話時間が減少する傾向や、ACMでの通話時間の減少が大きい傾向は同じである。これは、他の管制官も同様な傾向であった。

表3は各シナリオ毎の平均の通話記録を示す。10名の被験者のうち8名の記録の平均をとった。各シナリオの平均の場合も、CPDLC対応機の割合が増加するに従って通話時間は減少する。また、音声通信のみの場合と比べてCPDLC対応機の割合が80%では、通話時間は1/3程度になり、ACMの通話時間は1/3から1/4程度になる。なお、各管制官ともに実験装置の操作やCPDLCの操作に慣

表2 管制官Bの通話記録

シナリオC（40分）

CPDLC機の割合(%)	0	30	80
管制官の通話時間	312.3	232.5	136.3
ACMの通話時間	69.1	58.5	20.2
通話回数	113	90	52
ACMの通話回数	15	13	4

シナリオB（30分）

CPDLC機の割合(%)	0	30	80
管制官の通話時間	277.1	197.7	119.3
ACMの通話時間	60.2	35.9	22.8
通話回数	103	77	41
ACMの通話回数	14	8	4

シナリオA（30分）

CPDLC機の割合(%)	0	30	80
管制官の通話時間	280.5	205.0	109.3
ACMの通話時間	84.6	42.5	22.3
通話回数	101	72	44
ACMの通話回数	16	10	5

表3 各シナリオ毎の通話記録

シナリオC

CPDLC機の割合(%)	0	30	80
平均通話時間	392.86	292.29	148.84
ACM平均通話時間	95.10	65.76	21.05
平均通話回数	116.88	94.63	49.38
ACM平均通話回数	22.00	15.75	5.00

シナリオB

CPDLC機の割合(%)	0	30	80
平均通話時間	303.26	221.58	106.30
ACM平均通話時間	61.01	41.13	16.11
平均通話回数	94.00	68.63	33.00
ACM平均通話回数	14.63	9.75	3.75

シナリオA

CPDLC機の割合(%)	0	30	80
平均通話時間	355.70	241.02	116.77
ACM平均通話時間	81.96	50.85	22.92
平均通話回数	107.25	72.75	38.63
ACM平均通話回数	18.50	12.25	5.50

れるため、実験前に慣熟実験を必要とした。このため、管制官Gを省く全員の試行回数は各シナリオ共に3回になった。管制官Gは例外的に慣熟が早く、シナリオA、Bの実験を行った後のシナリオCでは慣熟実験の必要がなくなり、4回の試行を行えた。

#### 4.2 管制官の意見及び実験結果の考察

どの実験シナリオでも、CPDLC 対応機の割合が増えるにつれ管制官の通話時間は減少する傾向が見られた。しかし、CPDLC 対応機の割合が30%では、「30%混在はとても難しい。ほとんどが音声で通信しているので（CPDLC 対応機だと言うことを）つい忘れる。」「CPDLC 対応機と非対応機の区別がつきにくい」、「混乱する」などの否定的な意見が多かった。また、CPDLC 対応機に音声で喋りかけ、途中で誤りに気付いて、CPDLC での通信に切り替える場合がしばしば見られた。一方、CPDLC 対応機の割合が80%では、「80%になるとミスも少なくなった。静かで考える時間がとれた。」「話す時間が少なくなり、考える時間がもてたと思う。」「集中できる」という肯定的な意見が増えた。

ACM の通話時間は、1通話あたり約4秒程度かかるが、CPDLC では慣れれば1秒以下で操作を行うことが可能である。このため、ACM の通信に関しては、CPDLC 対応機80%では音声通信のみの場合と比べて、今回の実験では30分あたり30～40秒程度の時間的余裕が生まれるはずである。CPDLC 対応機の割合が80%の場合で「考える時間がとれた」などの意見が出てきたのは、CPDLC を用いることで上記の様な時間的余裕ができたことが一因と考えられる。一方、CPDLC 対応機30%の場合では、「考える時間がとれた」という意見は皆無であった。

CPDLC の高度・方位変更指示については、否定的な意見として操作性や表示方法の改善を求める意見が多かった。肯定的な意見としては、「言い間違い聞き違いを防ぐことができる」、「SAY AGAINなどで複数回同じことを話すことができる」などがあった。

また、データリンクの遅延については、今回の実験ではVDL-M2の遅延を模擬しているため、送信してから応答が返ってくるまで20秒以上かかる

場合があった。このため、遅延に関しては不満な意見が多かった。また、「CPDLC は通常時は非常に便利な機能だと思うが、悪天候交通量が増えるとCPDLC の使用は困難になると思う」という意見もあった。

また、CPDLC の機能追加としては、速度変更指示とダイレクト指示を望む意見が多かった。

#### 5. まとめ

CPDLC 対応の航空路管制シミュレータを試作し、航空管制経験者を招いて航空路管制シミュレーション実験を行った。

実験の結果、CPDLC により管制官の通話時間は減少し、CPDLC 対応機の割合が大きいほど減少時間も大きくなる。特にACM での効果は大きかった。

しかし、CPDLC 対応機の割合が少ない30%の場合、「難しい」、「混乱する」等の否定的な意見が多く、一方CPDLC 対応機の割合が80%の場合は、「考える時間がとれた」、「静かだ」、「集中できる」等肯定的な意見が増えた。このため、航空路管制へのCPDLC の導入の際には、例えば高々度セクターではCPDLC 非対応機は航行させないなど、CPDLC 対応機を集中させる工夫が必要かもしれない。

また、データリンクの遅延については、不満な意見が多かった。現状の遅延では、気象条件等が悪くパイロットから否定的な応答が返ってくる場合が多くなると、伝送遅延が大きすぎてCPDLC で管制を行うことは困難になると考えられる。

#### 参考文献

- [1] 板野、塩見、青山、金田：“CPDLC 対応航空路管制卓の試作開発と評価”、第10回電子航法研究所研究発表会講演概要、2010.6
- [2] ICAO Doc.9705 edition 3, 2002.