

流星バースト通信による オホーツク海域環境情報収集システムの開発 2

高塚 徹¹、白澤 邦男²、椋本 介士³、長澤 正氏⁴、若林 良二⁵、亀井 利久⁶

1. 技術部先端技術支援室
2. 低温科学研究所 環オホーツク観測研究センター
3. 静岡大学工学部
4. 沼津高等専門学校電子制御工学科
5. 東京都立産業技術高等専門学校ものづくり工学科
6. 防衛大学校電気情報学群通信工学科アンテナ工学講座

はじめに

大気圏に突入する流星の経路に沿って、電離気体が発生する。この気体の発生は数秒という短い時間だが、電波の反射体となりうる。この反射体を利用した通信を流星バースト通信 (Meteor Burst Communication; MBC) と言い、通信距離が約 1,600 km 離れた 2 点間の無線通信を行うことが可能である。

2008 年 12 月に流星バースト通信システム試験実験を行うために、札幌の低温科学研究所にマスター局、北海道オホーツク海沿岸サロマ湖のキムアネップ岬にリモート局を設置 (直線距離 235 km) した。同時にキムアネップ岬にある気象観測ステーションで収集した観測データを、流星バースト通信にて札幌の低温科学研究所に伝送する試験実験を始めた。図 1、図 2、図 3 に概要を示す。

第一報 (高塚ら 2009) では、問題点として、伝送されてくるデータパッケージが少ないことを報告した。第二報では、通信モデムの MON コマンドを用いてデータパッケージの受信数について報告する。

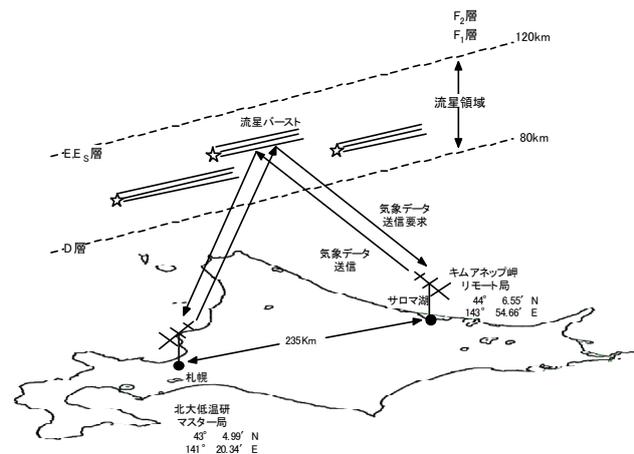


図 1 流星バースト通信システムの概要



図 2 北大低温研マスター局

図 3 サロマ湖キムアネップ岬リモート

流星バースト通信によるデータパケットの受信数

2009年10月から通信ソフト xtermw 上で通信モデムの MON コマンドを用いて流星バースト通信の情報をモニターし、同時に通信ログファイルを保存した。2009年10月2日～2010年9月20日（期間内30日のモニター欠測あり）までの通信ログファイルに書かれている MON コマンドの情報の時系列データを作成した。通信ログ表示の一例を以下に示す。

```
07:02:16 Receiving 00401:011 DLG from 00401 routed to: 00014
10/04/09 07:02:17 DATA from 00401 G160 S10 10/03/09 0805
07D9 0114 3F40 66D6 2DC4 46E0 234F 2A37 03E4 459E
07:02:16 RX:01 ID:00401 DTRF:-097/-097 DR:00315 RXC:00042 NAK:000
WT:000:13.1
```

1行目はマスター局（札幌）がリモート局（キムアネツ岬）から電波を受信した時刻(hh:mm:ss)、2行目前半はデータパケットを受信した日時(MM/DD/YY hh:mm:ss)、後半は観測された気象データのデータロガーから通信モデムにアップロードされた日時(MM/DD/YY hhmm)、3行目は観測された気象データと日時（16進表示）を表している。4行目は MON コマンドの統計表示であり、この表示1行が1回の流星バーストによるデータパケットの受信を示している。個々のメッセージは以下の通りである。

```
07:02:16 マスター局がリモート局から電波を受信した時刻 (hh:mm:ss)
RX:01 マスター局のレシーバ No.
ID:00401 リモート局番号
DTRF:-097/-097 受信電波強度 (最大 dB/平均 dB)
DR:00315 流星バースト通信による受信継続時間(文字カウント表示のシステムの
ロック時間 2ms/文字、継続時間=DR×2ms、この場合
315×2ms=630ms)
RXC:00042 受信文字数(観測データ+α)、受信文字がない場合は RXC:00000 と
表記
NAK:000 不良メッセージ応答数、NAK 数
WT:000:13.1 直前の受信から現時点の受信までの待ち時間 (min:sec)
```

なお、流星バーストによる受信日は付加されていないが、例に挙げた通信ログ表示 2 行目前半でデータパケット受信日の判断が出来る。WT は 109:13.5 (min:sec) が最大表示である。

流星バーストによりマスター局で電波を受信した時刻と受信の継続時間 (DR)、受信文字数 (RXC) との関係調べた。図 4 に 2009年10月2日～2010年9月20日までの月別(上段)、時刻別(下段)の流星バーストによる受信データ数を示す。この期間中に作成された時系列データの総数は 7759 個であった。MON コマンド 1 回の情報(上記の通信ログ表示 4 行目)は、1 回の流星バーストによる電波の受信を示しており、この

期間中の受信総数が 7759 回であったことを示している。月別受信数は 2009 年 11 月と 2010 年 8 月が 800 回程度、2010 年 1 月と 5 月 1000 回程度の受信数で他の月より多く、季節変動があるように見えるが、さらに長期間の継続観測が必要である。

同じ期間の 1 日 24 時間での時刻別受信数を見ると、4 時が最大で、その後減少し、また 17 時から増加しており、夜間が多く日中は少ないという傾向が見られた。

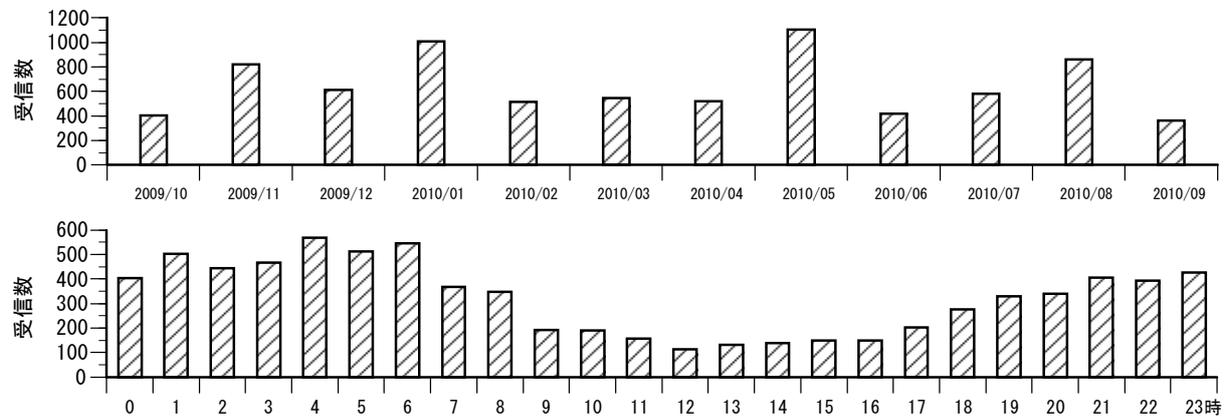


図 4 2009 年 10 月 2 日～2010 年 9 月 20 日までの月別（上段）、時刻別（下段）受信数

受信文字（データパケット）数

受信文字（データパケット）数は MON コマンドの受信文字数を示す RXC の値で、受信文字はヘッダ部と観測データ部を合わせて 42 キャラクター（文字数 42）で 1 構成されている。1 回の流星バースト通信で伝送される受信文字は、流星バーストの状態により電波の送受信の状態が異なり、文字数が増減されて伝送されてくる。

表 1 に 2009 年 10 月 2 日～2010 年 9 月 20 日（期間内 30 日のモニター欠測あり）までの流星バーストによる受信回数を、図 5 に受信文字数を示す。受信回数最も多かったのは 2010 年 5 月の 1105 回、最も少なかったのは 2009 年 10 月の 403 回（2010 年 9 月は 1 カ月に満たないので省いた）で、800 回を超す月もあるが平均的受信回数は 500～600 回と思われる。各月の受信文字数「あり」(RXC:00000 以外)と「なし」(RXC:00000)の割合が受信回数に関係なく約 4:6 の比率になっている。

表 1 2009 年 10 月 2 日～2010 年 9 月 20 日までの流星バーストによる受信数

年 月	受信数	受信文字 データパケット				年 月	受信数	受信文字 データパケット			
		あり		なし				あり		なし	
		受信数	%	受信数	%			受信数	%	受信数	%
2009/10	403	149	37.0	254	63.0	2010/05	1105	448	40.5	657	59.5
2009/11	821	275	33.5	546	66.5	2010/06	419	125	29.8	294	70.2
2009/12	614	229	37.3	385	62.7	2010/07	582	221	38.0	361	62.0
2010/01	1009	395	39.1	614	60.9	2010/08	860	300	34.9	560	65.1
2010/02	516	201	39.0	315	61.0	2010/09	364	150	41.2	214	58.8
2010/03	545	207	38.0	338	62.0	総受信数	7759	2914	37.6	4845	62.4
2010/04	521	214	41.1	307	58.9						

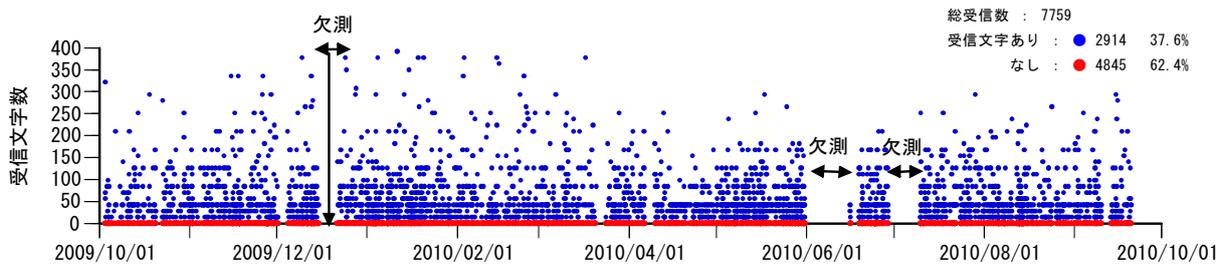


図5 2009年10月2日～2010年9月20日までの流星バーストによる受信文字数

流星バーストによるデータ受信の継続時間

図6に2009年10月2日～2010年9月20日までの流星バーストによるデータ受信継続時間を示す。青丸は受信文字「あり」(RXC:00000以外)を、赤丸は「なし」(RXC:00000)を示す。継続時間0.5秒前後に受信文字の有無の境界らしいものが見受けられるが、これは、通信モデムの設定、電波の送受信の状態、バースト通信局周囲の環境などに関係していると思われ、今後の課題である。

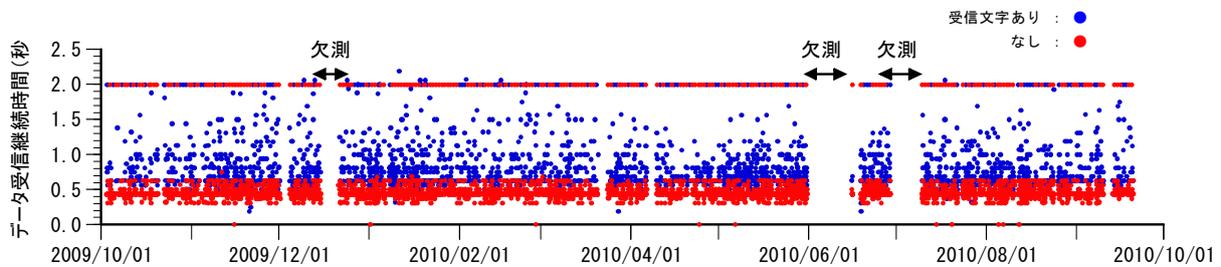


図6 2009年10月2日～2010年9月20日までの流星バーストによるデータ受信の継続時間

図7に流星バーストによるデータ受信の継続時間に対する受信回数(上段)と受信文字数(下段)の関係を示す。継続時間0.3～1.2秒間に受信数が多く、継続時間1.2秒を超えると受信数が減少する傾向にある。継続時間0.5秒を超えると受信文字「あり」のデータ通信が始まる。継続時間2秒付近も受信が多く、その時間帯は0～6時(図8)である。受信の継続時間が長くなると1度に伝送されてくるパケットの受信文字数が多くなる傾向がある。

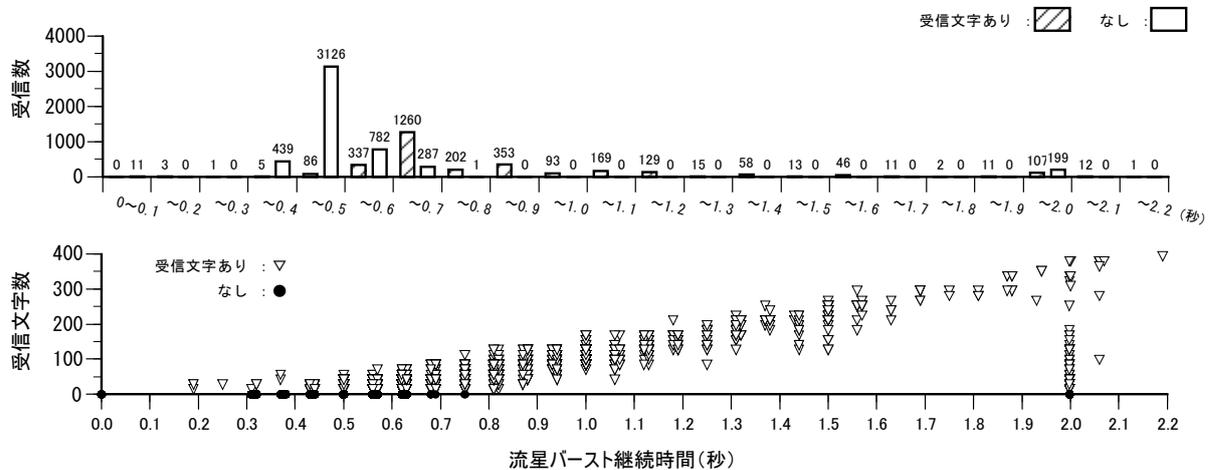


図7 流星バースト継続時間に対する受信数(上)と受信文字数(下)

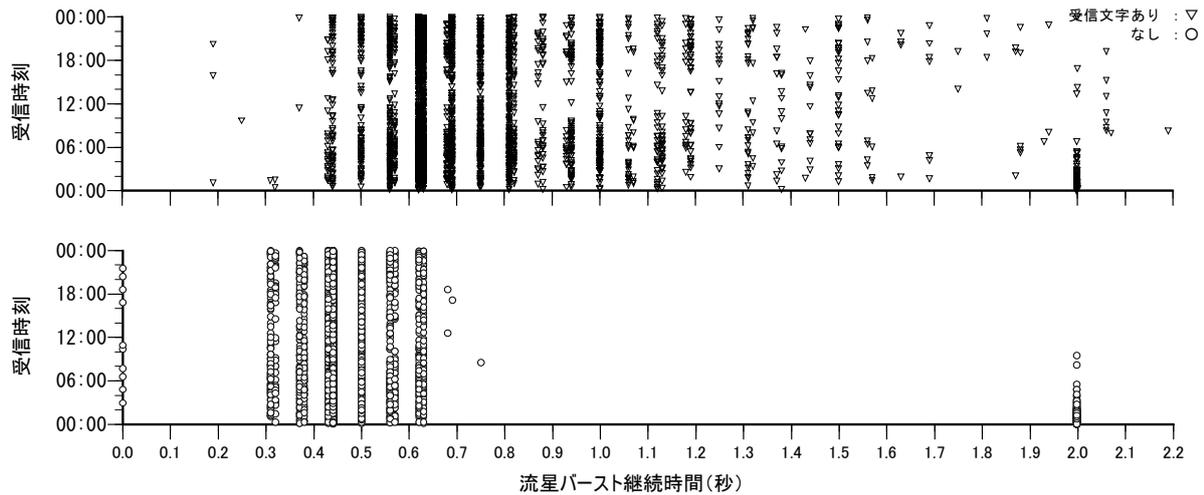


図8 流星バースト継続時間に対する受信時刻

2009年と2010年の受信データ数の比較

図9に受信文字「あり」の受信データ数を月別累計数(左)、時刻別累計数(右)を示す。2009年は1月1日から12月31日までの累計、2010年は1月1日から9月20日までである。最も受信データ数が多かったのは、2009年では5月が約700、2010年では1月、5月、6月がともに約600であった。一日の時間別では、2009年、2010年ともに4時頃がピークの山形で、夜間にデータ受信数が多く、日中は少ない傾向がみられる。この傾向は図2(2009年10月2日から2010年9月20日)からも見られたが、年ごとに比較した場合にも同様の傾向が見られた。

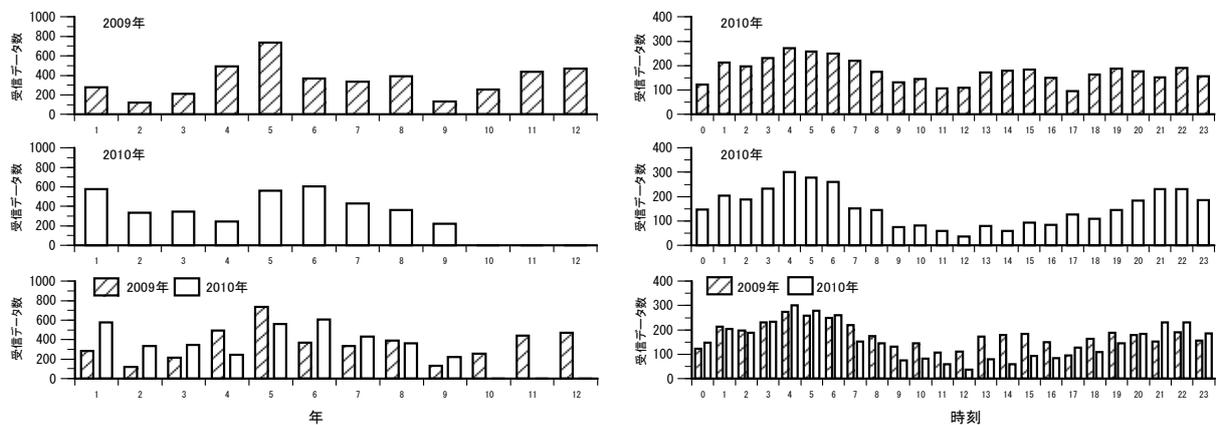


図9 月別(左)と時刻別(右)の累計受信データ数。2009年1月1日から12月31日(上段)、2010年1月1日から9月20日(中段)、2009年と2010年の比較(下段)。

おわりに

2008年12月から流星バースト通信システムを使用し、札幌(マスター局)ーサロマ湖キムアネツ岬(リモート局)において観測データの伝送試験実験を行っているが、データ受信状態は不規則で受信数は少ない。この問題点を改善するために2009年10月

から流星バーストによるデータの受信数のモニターを行った。今回得られた情報からは受信数の少ない原因は特定出来なかったが、データが伝送できる受信の文字数と継続時間が明確になった。

2010年8月23日～25日に札幌（マスター局）－サロマ湖キムアネップ岬（リモート局）間の電波の通信路を調査するトーン実験を行った。現在解析中であるが、トーン信号の受信が他の流星バースト通信実験に比べて少なければ、設備（アンテナや送受信機）、位置や地形などの影響と考えられる。他の通信実験と変わらなければ、他の原因（以下のような）が考えられる。

1. サロマ湖でのパケット受信数はトーン実験の結果に対して妥当か。
2. 札幌の受信数はサロマ湖からの送信数に対して妥当か。
3. 札幌の周囲ノイズが大き過ぎてサロマ湖の返信が受信できないのか。
4. プローブ長やデータパケット長、送受信切り替え時間などから考えて、通信モデムの性能は妥当か。

以上の問題点を想定して今後は受信数を増やす改善策を探る実験を行う必要がある。

参考文献

高塚 徹、石川 正雄、白澤 邦男、椋本 介士、長澤 正氏、若林 良二
流星バースト通信によるオホーツク海域環境情報収集システムの開発
北海道大学低温科学研究所技術部技術報告第15号、pp.52-57、2009。