

温室効果ガスのネットワーク計測システムに関する研究
Studies on a network measurement system of the greenhouse effect gases

佐藤 雅典, 香川 直己
Masanori Sato, Naoki Kagawa

福山大学
Fukuyama University

Abstract: Free space optics is a solution of the last one mile problem of the communication infrastructure. Therefore, we propose a greenhouse effect gases measurement system with the space optical communication network, which monitors the amount of transportation of the gases from the ground to the boundary layer non-invasive and in real time. In this paper, for absorption spectrometry, we investigated signal-to-noise ratio of the gas concentration measurement and the communication by computer simulations and experiments in order to clarify the optimal absorption lines which do not obstruct communication efficiency. As the result, we found the trend of the effect of laser modulation on the code demodulation and concentration of gases.

1. まえがき

通信インフラの整備に伴い、ビル間通信やラスト1マイル問題の解決手法として注目されている空間光通信 (FSO : Free Space Optics) 網を利用して、広い領域の地表から発生する二酸化炭素、メタン等の温室効果ガスを接地境界層への輸送量 (ガスフラックス) を無侵襲かつ実時間で測定できる計測システムを提案し [1,2,3]、空間光通信・ガス濃度同時計測システムの開発および試験運用を行っている。本稿では通信効率に支障をきたさない最適なガス吸収線を明らかにするため、実験と計算機シミュレーションにより通信における信号対雑音比 (S/N) とガス濃度計測における S/N の関係を調べた。

2. 測定原理

ガス濃度の計測原理は赤外レーザー光線のガス分子による共鳴吸収量の抽出であるため、選択する吸収線の吸収係数に因っては、受信光パワが極めて減少し、通信に障害を与える可能性がある。提案するシステムは通信距離を数100mから1kmとし、副搬送波を用いたBPSK方式としている。

半導体レーザーは、注入する駆動電流で出力パワが増加すると共に発振波長も変化する。この特性を利用することにより、符号通信と濃度計測を同時に行おうというものである。Fig. 1はこの原理の模式図である。簡単化のために、駆動電流による出力光パワの増加 (ベースライン) と、同じく注入電流による変動波長域内にある一つのガス吸収線により連続的に受信光パワが変動する現象を分離して示している。例えばBPSK変調による符号通信を行う場合、2値の符号に対して、相互に逆位相の変調信号を割り当てることになる。ベースラインに対しては、それぞれの位相の変容信号がそのまま出力光パワの変動として受信される。一方、吸収線による単峰的現象が生じた波長域では、受信光パワは変調信号の2倍の周波数を持つ変調信号の位相に因らない受信光パワ変動となる。従って、変調信号と同一周波数かつ同位相の信号により同期検波をした場合、符号を復調することができる。一方、変調信号の2倍の周波数を持つ信号で復調をした場合、吸収量に対応した信号を検出することができる。実際は、ベースラインと吸収線による減衰が重畳する。

3. シミュレーションの結果

Fig. 2は使用する半導体レーザーの特性に鑑み、発振波長域に一本の吸収線が含まれる場合の、吸収線中心付近における受信光強度を計算機により

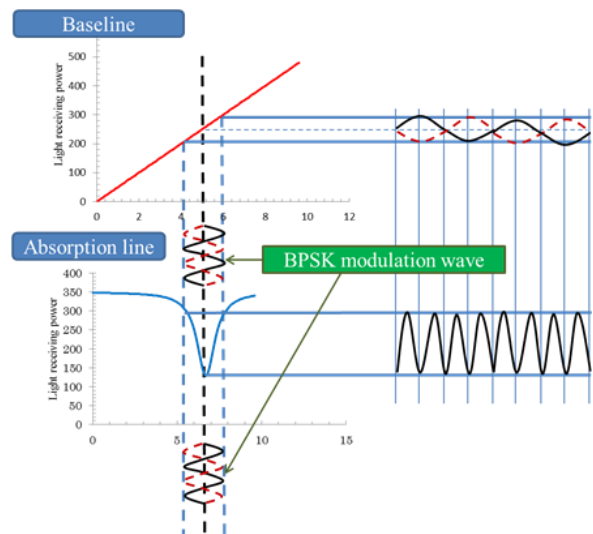


Fig. 1 The principle of signal processing of the proposed system

シミュレーションした結果である。細い実線が変調信号、破線、および、太い実線がそれぞれの符号に対応した受信信号である。

4. 実機での検証・考察

次に、以上の計算機シミュレーション結果を受けて、実機による検証を行った。実験は長さ0.9 mのセルに一定流量で循環させたメタンガスを対象とし、Fig. 2 と同一のレーザ駆動条件で行った。Fig. 3 は、受信光強度の取得結果である。実験では、符号切り替えを行っている。図3においては時間軸の時刻0において、符号の切り替えを行っている。細い実線は、基準となる変調信号であり、この信号の位相を反転することにより符号に割り当てている。太い実線が受信光信号であり、Fig. 2の太い実線および破線と同じ結果が得られていることが分かる。また、破線は基準信号（細い実線）により受信信号（太い実線）を復調した結果であり、符号の変化が現れている。

一方、復調精度の向上には、受信信号の波数すなわち変調信号の波数を多くする必要があるが、波数の増加は通信レートにも影響する。1符号当たりの変調波数に対する符号ならびに吸収量の復調結果を調べた結果をFig. 4およびFig. 5に示す。Fig. 4は1符号に含まれる波数に対する符号の変調結果を示し、細い実線は符号1に対して、吸収線を含む場合、点線は符号1に対して、吸収線を含まない場合の結果である。また、同様にした符号0に対する結果を太い線群で示している。

一方、Fig. 5は変調信号の2倍周波数波で復調した結果であり、吸収線がある場合と内場合を示している。上記の結果より、1符号あたり概ね5個以上の波数が必要であることが分かる。

5. むすび

相対的に変調がもたらす符号復調および吸収量復調への影響の傾向はつかめたが、絶対的な変調周波数が各復調結果に与える影響については、十分ではない。この点については、引き続き検討を続ける必要がある。また、研究を進める経緯において、半導体レーザの発振波長の厳格な安定が求められることが分かった。この対応についても引き続き改良を加えてゆく必要がある。

6. 参考文献

- [1]周藤正樹 香川直己 “レーザ吸収分光分析法による長時間測定可能なガスフラックス計測システムの開発” 第58回中支連大,p.5,2006
- [2]周藤正樹 香川直己 “受信光強度揺らぎの抑圧性能を有する開放光路型ガスモニタの耐受信光強度揺らぎ性能の検証” 第58回中支連大,p.118,2007
- [3]周藤正樹 香川直己 “メタンガス濃度計測を目的とした開放光路型ガスモニタの耐受信光強度揺らぎ性能の検証” 第59回中支連大,p.10,2009

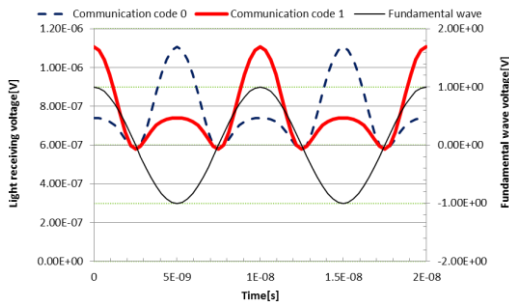


Fig. 2 Simulation results of the received signal

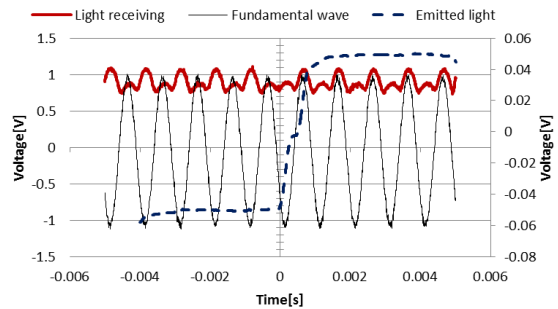


Fig. 3 Modulation and demodulation results of the experiment

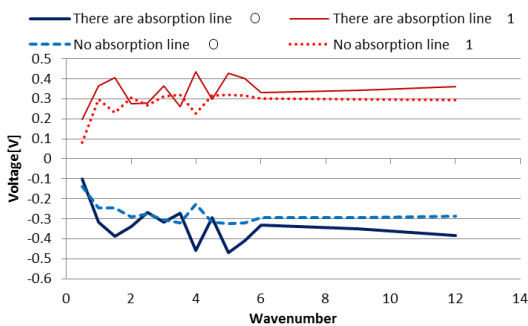


Fig. 4 Demodulation characteristics against the modulation period within a code signal.

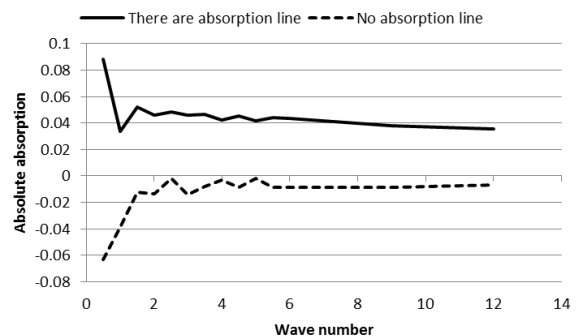


Fig. 5 Output of amount of gas absorption against the modulation period within a code signal.