

18.

同調可能CO₂レーザーを用いたインコヒーレント光ヘテロダイン検波による大気汚染検出

Air pollution detection by incoherent optical heterodyne detection using tunable CO₂ laser

斎藤 文, 藤井陽一, 山下純一郎
S. Saito, Y. Fujii, J. Yamashita

東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, University of Tokyo

§ 1. はじめに

インコヒーレント光をヘテロダイン検波する技術は、自然物体から放射される光を感度良く受光することができ、しかもスペクトル分解能が極めて良いため、大気汚染の測定¹⁾、分光天文学²⁾などの分野において有用である。しかし、その歴史はまだ浅く、現在の所、受光系の種々の条件に対する理論的検討、及びそれを裏づける実験などの面において不十分な点が多く、インコヒーレントヘテロダインシステムが実用に供されるまでにはまだ時間を要するものと思われる。我々は以前からこの方式についての基礎的な研究を行って来たが^{3), 4)}、今回いくつかの実験結果が得られたのでここに報告する。

§ 2. 実験装置

インコヒーレント光をヘテロダイン検波するシステムのあらましを図1. に示す。

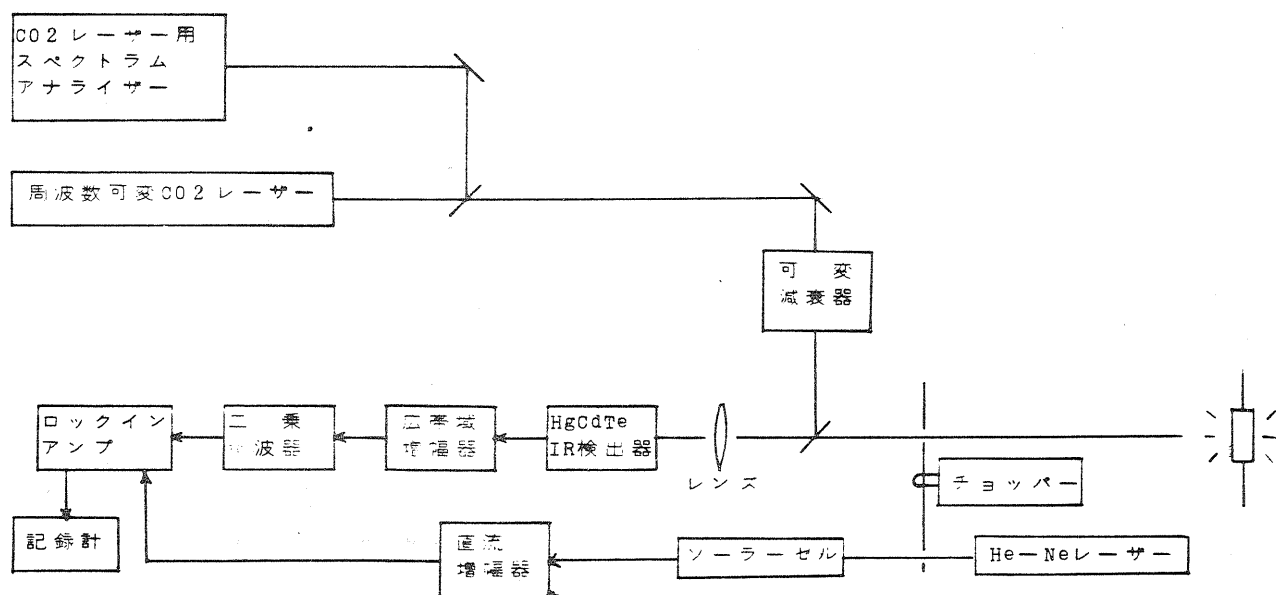


図1. インコヒーレント光ヘテロダイン検波システム

インコヒーレント光源としては、広い面積で高温を得るため、都市ガス用ガスストーブを用いた。ローカル光としては発振線の選択が可能($P-8 \sim P-38$)なCO₂レーザ(SYLVANIA 950)を、赤外線検出器としては量子効率、帯域の大きなHgCdTe フォトダイオード(SAT 1130)を用い、600 μ Aの逆バイアスを加える。この検出器には出力の非線型性があり、実用上ローカル光を0.1mm²までしか加えられない上、データの解析には補正が必要である⁽⁴⁾。受光光学系としては、広い受光開口を得るために26cm反射望遠鏡で信号光を集め、Ge($n=4$)メニスカスレンズで検出器素子上に光源の像を結ぶ方式をとった。また、ヘテロダイン検波されるのは入射した光のうちローカル光CO₂レーザの10 μ m帯の赤外光のみであり、それ以外の光は測定系に雑音(主にショット雑音)をもたらすので、必要に応じて干渉フィルター(10 μ m帯域通過)も用いられる。

§3. 実験結果

黒体から放射される光の量を表わす輝度 B_r はプランクの公式より、

$$B_r = \frac{2}{c^2} \times \frac{h\nu^3}{\exp(h\nu/kT) - 1} \quad (1)$$

と表わされ、(c , h , ν , k , T はそれぞれ、光速, プランクの定数, 光の振動数, ボルツマン定数, 黒体温度を表わす)温度 T の黒体

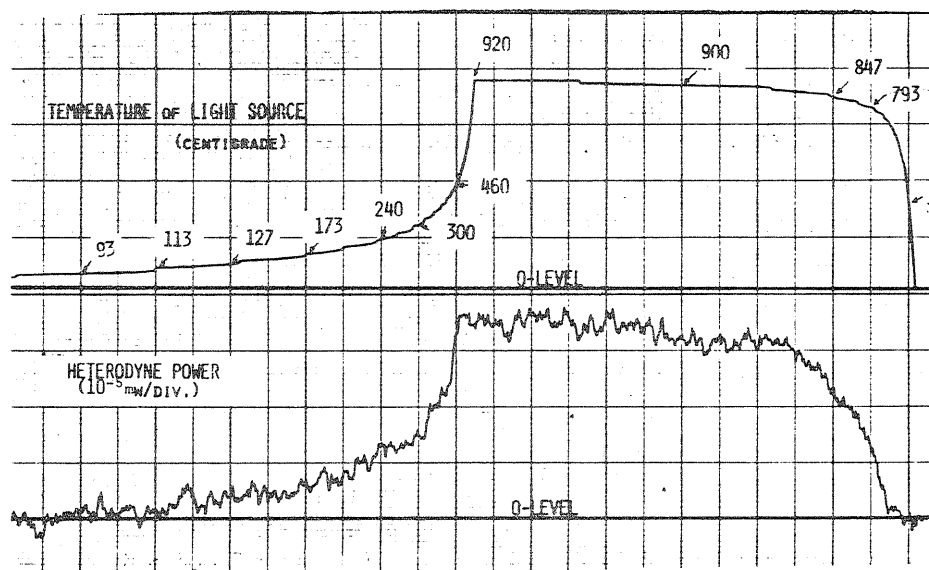


図2. 光源温度とヘテロダイン出力の関係

から放射される光をヘテロダイン検波する際の信号光電力は上式に比例する。自然物体から放射される光を検波するには、低い温度、できれば常温の黒体から放射される光に対して有効な信号出力を取出せる検波系が必要である。光源であるストーブ温度を変化させてヘテロダイン検波を行ったのでその結果を図2.に示す。

インコヒーレント光ヘテロダイン検波システムを大気汚染の測定に利用する際の気体の分析は、光源から放射された光が気体によって吸収されるスペクトルを知る事によって行われる。受光望遠鏡と光源の間にポリエチレン(厚さ0.01mm)窓のセル(吸収長30cm)を置き、中に吸収気体として10μm帯に強い吸収のあるフレオン12(CCl_2F_2)を1%程度注入し、吸収スペクトルを測定したのでその結果を図3に示す。

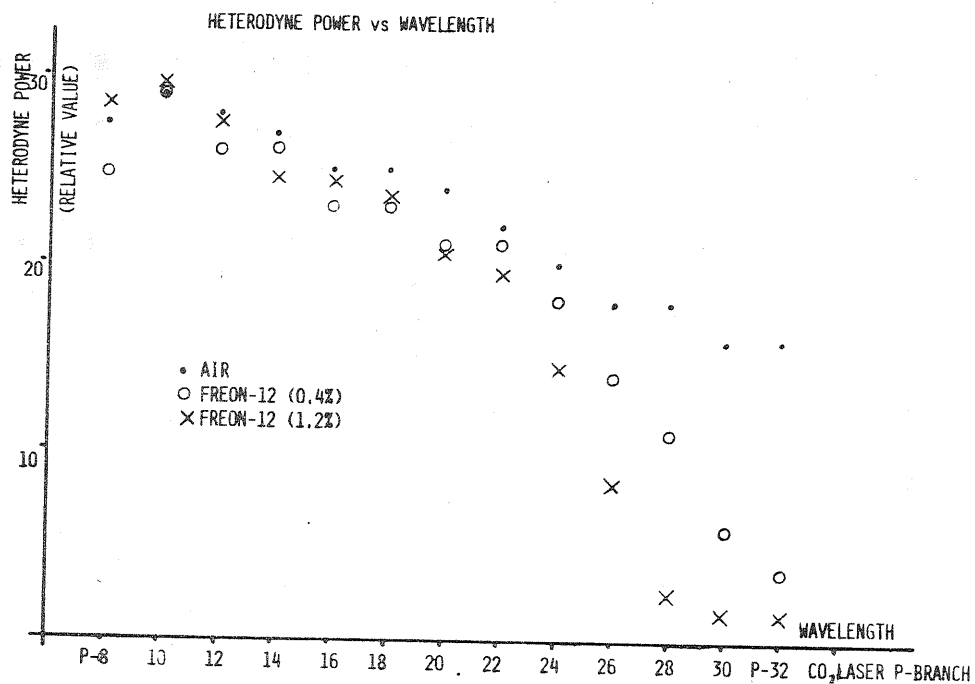


図3. インコヒーレントヘテロダイン検波によるフレオン12の吸収スペクトル

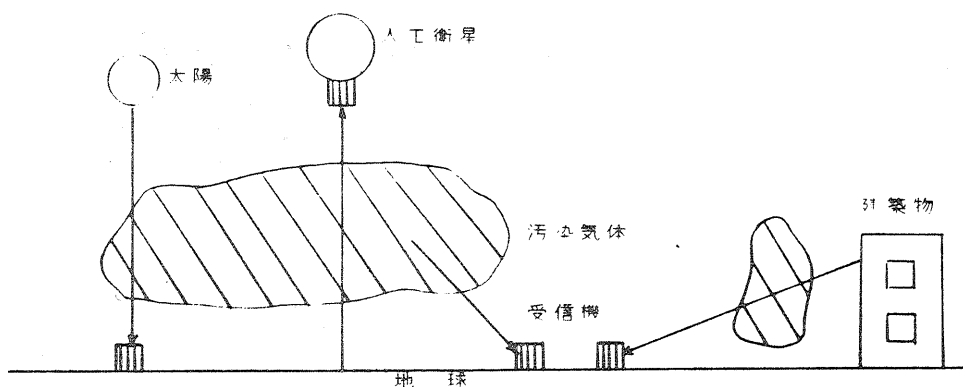


図4. 大気汚染測定システム

。D.H.A

§4. 検討とまとめ

図2. のヘテロダイン電力は、熱電対で測定された光源温度と対応して変化しており、その度合は(1)式より計算された値とよく一致している。温度波形とヘテロダイン信号波形の間にわずかのずれがあるのはレコーダのペン位置のずれと光源のカーストープの熱慣性によるものである。先にも述べたように、この検波系のS/N比は、ローカル光電力が小さいために量子雑音限界まで達しておらず、図2. に示された結果では有意味なヘテロダイン信号電力のみられる光源温度は約390°Kである。

図3. では大気でバランスしたフレイオン12の吸収が見られるが、 $P=30$ ($\lambda=10.70\mu m$)での吸収係数の大きさ($1.1 \times 10^{-2} cm^{-1} \cdot torr^{-1}$)は他の実験結果³⁾で得られたものと同程度である。

以上の結果により、大気汚染測定を行う際のインコヒーレント光ヘテロダインシステムの性能がつかめたと考えよう。現在のS/N比は、実用に必要な水準より2桁程度低く、この主な原因は赤外線検知器の非線型性と光学系にあるものと思われる。今後は特に後者を中心としてシステムの改善を行ない、一層の性能の向上を計って行きたい。

(参考文献)

- 1) R. L. Byer; *Optical and Quantum Electronics*
vol. 7 (1975) 147-177
- 2) D. W. Peterson et. al.; *Nature*
vol. 250 (1974) 128-130
- 3) 四方 道; 修士論文 東京大学工学部電子工学科 (1975)
- 4) 斎藤, 藤井, 山下; 信学会、光量エレ研究会資料 OQE 76-32