追加ルール(問題14以降に適用):仮定(証明不可能な経験則など)は太枠で示す。

問題14

次の伝達関数をもつ電子回路の入力信号がインパルスのとき、その出力の波形を求めよ。

で

それ以外で0

問題15

非線形歪は線形歪で打ち消せないことを証明せよ。入出力特性を

とし、(非線形歪)

各周波数に対する「出力/入力」を

とする。(線形歪)

を何というか答えよ。

但し、信号は、非線形歪が生じてから、その結果に対して、線形歪がその上に上乗せされるものと仮定する。(※実際にそのようなことがあり得るかどうかは知らない)

問題16

入力、出力とする。

線形歪がないとき、

(ア)

である。(は出力の遅延)

(ア)の両辺をフーリエ変換すると

(イ)

である。よって、伝達関数は

であるが、これを言い換えると、

(ウ)

問題17

答え17

(声と匿名化信号の話を検討してみよ)

問題18

雑音の発生は予測することが出来ないため、確率を用いて議論するほかない。

確率密度は、

(ア)の式で表される

ものである。当然、には

(イ)

という性質もある。

また、を使っての平均値を求めることも出来る。

平均値とは、(ウ)の総和を区間の大きさで割ったもの

であり、これは(エ)の総和である。

これを式で表すと、

平均値(オ)

と表される。

分散も(カ)の総和であるといえるので、

分散=(キ)

と表される。

雑音が、標準正規分布で表されると仮定すると、

(ク)がである確率の密度は(ケ)である

といえる。

問題19

参考: http://www.eng.niigata-u.ac.jp/~nomoto/7.html

標準正規分布関数が

の形で表されることを確かめよう。

ガウスは、経験則として次の3つの公理を唱えた。

大きさの等しい正と負の誤差は等しい確率で生じる。

小さい誤差は大きな誤差より起こりやすい。

ある限界値より大きな誤差は実際上起こらない。

まず、誤差の大きさが である確率の密度をとしよう。

測定を回することを考えよう。

測定値の誤差がそれぞれとなる

確率の密度は

(ア)

ここで、

が最大となるのは、のとき

したがって、

が最大となるのは、のとき

であるから、(ア)の最大値は(イ)であると推定できる。

また、

(ウ|pでなくPについて)=0

ということもわかる。

ここで、

「とをつかってさらに議論を深めよう」

とか

「とをつかってさらに議論を深めよう」

という発想が出てくる。

そこで

という事実が役に立つ。

と

より、

なので、

よって

ここで、

(カ)(キ)

という命題を用いる。

この命題をつかって

をいえれば、これを積分の上変形して

ことをいえるからだ。

十分な回数だけ計測をしたとき、

(符号付)誤差の総和は0に近づく。

したがって、

(カ)

また、

のとき

かつ

したがって、

このことより、

といえる。

問題20

参考: http://www.eng.niigata-u.ac.jp/~nomoto/7.html

(参考サイト補題の証明と標準正規分布関数の導出最後まで)

答え20

問題21

ガウス雑音の平均電力はどのように表されるか。確率論用語で答えよ。定数は無視してよい。

問題22

白色雑音は(ア)振幅や電力、エネルギーなどが一定であるような雑音である。

理論上の白色雑音の電力スペクトル密度は、現実的なものの半分として表される。それは何故か→(イ)

問題23

信号波形を、雑音波形をとする。これら2つはどちらも電圧または電流のどちらかに共通して対応する。電圧の場合と電流の場合について、それぞれ場合分けして信号対雑音電力比を求めよ(デシベル比も表せ)

問題24

現実的な正の周波数領域のみで考えるものとする。電力密度スペクトルが一定値である白色雑音を考える。帯域幅がの受信機を用いてこの白色雑音を受信したときの、雑音の平均電力を求めよ。

問題25

信号を送信したい。しかし、が低周波過ぎてうまく通信できない。各周波数成分をずつ大きくした信号を求めよ。

問題26

問題25で求めた信号のように、信号に変化を与えることを変調という。

をさらに変調してを復元するまでを説明せよ。

問題27

信号と雑音の平均電力が次の3つの場合、SN比のデシベル値を求めよ。

①信号電力10[mW]に対し、雑音電力1[mW]

②信号電力5[mW]に対し、雑音電力1[µW]

③信号電力4[µW]に対し、雑音電力2[µW]

問題28

穴埋めせよ。

正弦波は、

と表される。

これを搬送波という。搬送波とは、そのままでは伝えられない変調信号を伝えるために、変調信号と合成される波のことである。

で、

を変調するものをAM、

を変調するものをFM、

を変調するものをPM

という。

また、(ア)とき、AMをASK、

FMをFSK、

PMをPSKという。

また、搬送波に、(イ)波が使われることもある。

(イ)波を使われたAMをPAMという。同じようにPFM、PPMもあり、(イ)幅を使った変調方式としてPWM、量子化の上(ウ)にして(ウ)を(イ)で表現するというPCM方式もある。

問題29

穴埋めせよ。

「定数を変調する」とは、

その変数を、(ア)に(イ)ことである

といえるだろう。

つまり

は、

AMなら、

FMなら、

PMなら、

問題30

搬送波

を変調信号でAM変調すると、

即ち

の形で表される。

を求めよ

問題31

搬送波

を変調信号

でAM変調した式をいえ。

また、それをフーリエ変換したものと、

搬送波をフーリエ変換したものを比べよ。

(=0とみなせ)

問題32

搬送波

変調信号

のとき、

変調波の式は

で表される。

が容易に図示できるとき、図示の仕方をいえ

問題33

非線形な入出力特性を考えよう。  
まず、

入力を 出力をとすると、一般に

(ア)

という関係式が成り立つ。

通常、で、かつ、  
以降は無視できるほど小さくなる

ので、

入力を 出力をとすると、

(イ)

という関係式が成り立つ。

といってよい。

今、

入力を

とすると、

出力は

と表される。

これを

(ウ)に入れると、

そして、これに(エ)と

となる。これは、さえうまく調整すれば、AM変調の式の形になる。

つまり、

入力を(オ)

とし、その出力(イ)を、(カ)と

AM変調波

が得られる。

問題34

入力を

とし、その出力を、のBPFに入れると

AM変調波

が得られる。

このことを利用して、

を90%の振幅変調をしたいとき、を求めよ。

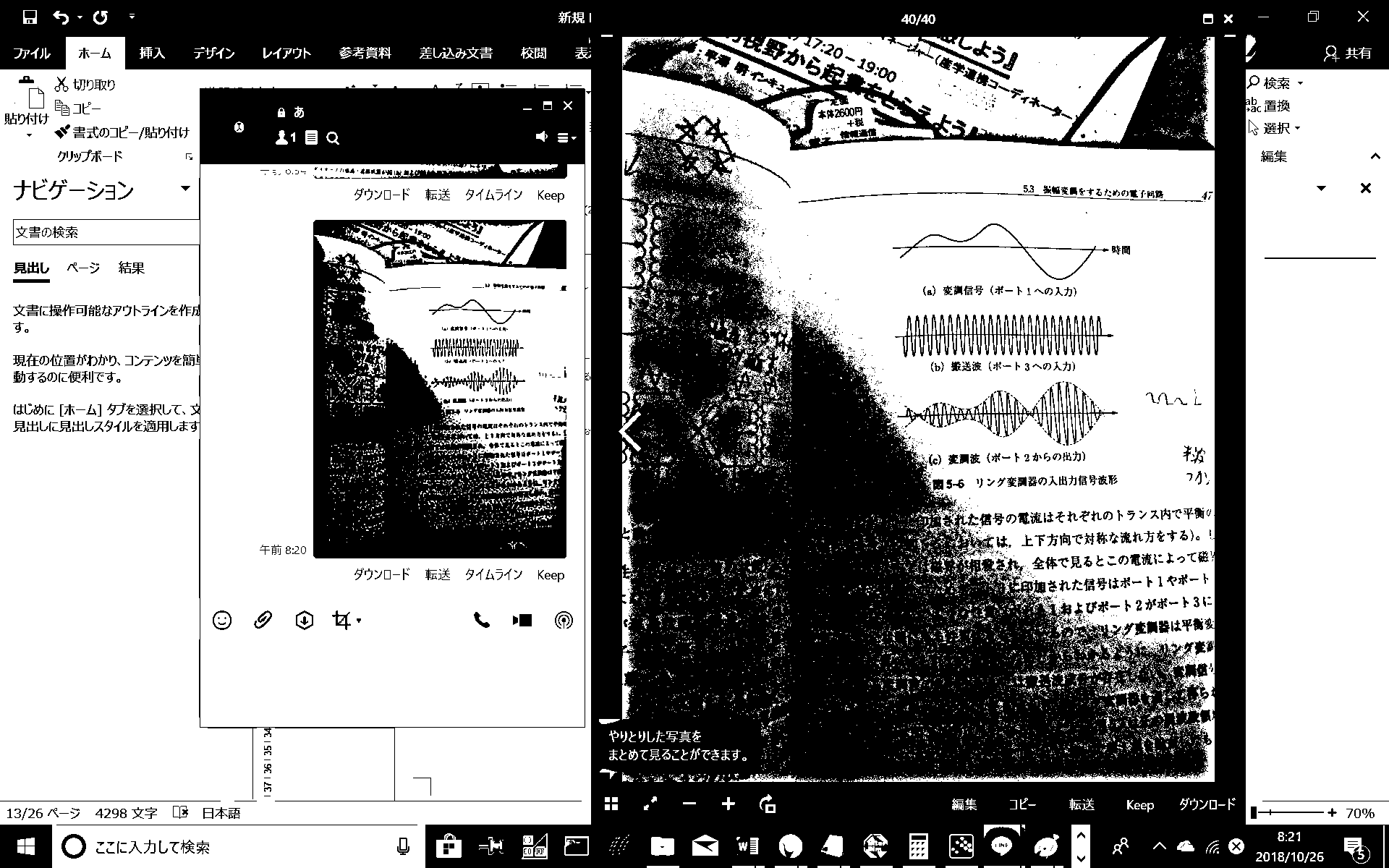
但し、とする。

問題35

リング変調器を示せ。また、ポート1に変調信号、ポート3に搬送波を印加すると、ポート2でAM変調波に近いもの得られる理由を説明せよ。

問題36

リング変調器で得られる波形、および式、フーリエ変換した式をいえ。またAM変調波と比較せよ。



変調信号:

搬送波:

答え14

である。ここで、

(インパルス)

なので、

入力信号がインパルスのとき、

したがって、出力波形は

であり、これはつまり、伝達関数を逆フーリエ変換

したもの(インパルス応答)が出力波形であるということである。

ここで、

したがって、

ここで、オイラーの公式より、

なので、

となる。

実部だけ取り出すと、

より、

答え15

証明

を帯域幅という。

以下、帯域幅内で考える。(即ち、として考える)

であり、

となるので

となる。

よって、

となればよい。

が定数のとき

は線形となる。

が定数でないとき

が周波数依存性を持つことになり、不適切。

QED

答え16

(ア):

(イ):

(ウ):

また位相は

答え18

(ア):

(イ):

このように、確率密度を値で積分すると、確率になる。

(ウ):

からまでの各値の出現する回数にをかけたもの

(エ):

からまでの各値の出現する割合にをかけたもの

(オ):

(カ):

からまでの各値の出現する割合にをかけたもの

(キ):

(ク):雑音の大きさ

(ケ):

答え19

(ア):

(イ):

(ウ):

(エ):

(オ):

(カ):

(キ):

(ク):

答え21

分散

答え22

(ア):すべての周波数に渡って

(イ):現実では負の周波数領域を考えないため、負の領域に電力スペクトルを分散させる必要がないから

答え23

電圧の場合

電流の場合

どちらも

となる。

デシベル比は

答え24

電力密度は、単位周波数当たりの電力であったことを思い出せ。

答えはである。

また、帯域幅が電力に影響するということにも気がつきたい。

答え25

である。

これは各周波数成分をずつ大きくすると(これをとする)、

となる。

となる。

よって、

したがって、実部だけ取り出すと、

答え26

だけずらすと

答え27

①

10 log\_10⁡〖(10×〖10〗^(-3))/(1×〖10〗^(-3) )〗=10[dB]

②

10 log\_10⁡〖(5×〖10〗^(-3))/(1×〖10〗^(-6) )〗=10 log\_10⁡(5×〖10〗^3 )=10(log\_10⁡5+3)= 37[dB]

③

10 log\_10⁡〖(4×〖10〗^(-6))/(2×〖10〗^(-6) )〗=10 log\_10⁡2= 3[dB]

答え28

(ア):信号がディジタル信号である

(イ):パルス

(ウ):2進数

答え29

(ア):変調信号とその変数の両方を含む何らかの関数

(イ):置き換える

答え30

AM変調の目的はに合わせて  
搬送波の振幅を変えること

なのだから、まず振幅が倍に拡大された

を考えてみよう。

では、

が正にも負にもなってしまうため、

の正負の区別がつかなくなってしまう。

そこで、

を考える。

では、

が正にも負にもなってしまうが、

が「浮いている」(最低レベルが0になるようレベルが平行移動している)ため、

「混ざらない」

したがって、

で、ならよい。

従って、

答え31

ここで、  
をフーリエ級数展開すると、

なこと、および

と

はn≠mなら0、

は必ず0

であることより、

をフーリエ級数展開すると、

とみなすとき

よって、

それ以外のフーリエ係数はすべて0となる。

一方、搬送波

をフーリエ級数展開すると、

であり、

それ以外のフーリエ級数はすべて0である。

答え32

まず包絡線を点線で図示する。

をだけ上に平行移動し、レベルを軸に倍に拡大したものが包絡線である。

その後、も図示する。

そして、「包絡線倍された」を図示する。ヒントとしては、本来±1となっていたところが包絡線または－包絡線と接触するようにを拡大する。

答え33

(ア):

(イ):

(ウ):特定の周波数成分だけ通過させるBPF

(エ):を加える

(オ):

(カ):周波数な成分だけ通過するフィルターに通す

答え34

入力を

とし、その出力を、のBPFに入れると

AM変調波

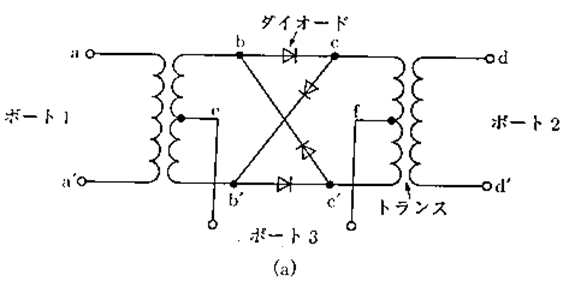
が得られる。

より、を求めると、

よって、

答え35

リング変調器



ポート1に変調信号、ポート3に搬送波を印加すると、  
ポート2でAM変調波に近いもの得られる。

この理由を考えよう。

ポート3の電圧の向きによって、ポート1の瞬時値がそのままの向きで、あるいは正負反転して、ポート2に出力される。

また、

ポート1に電気が流れると、ポート1側のコイルで磁界が発生

し、

磁界によってダイオード回路の部分で電磁誘導が起こり、電気が発生

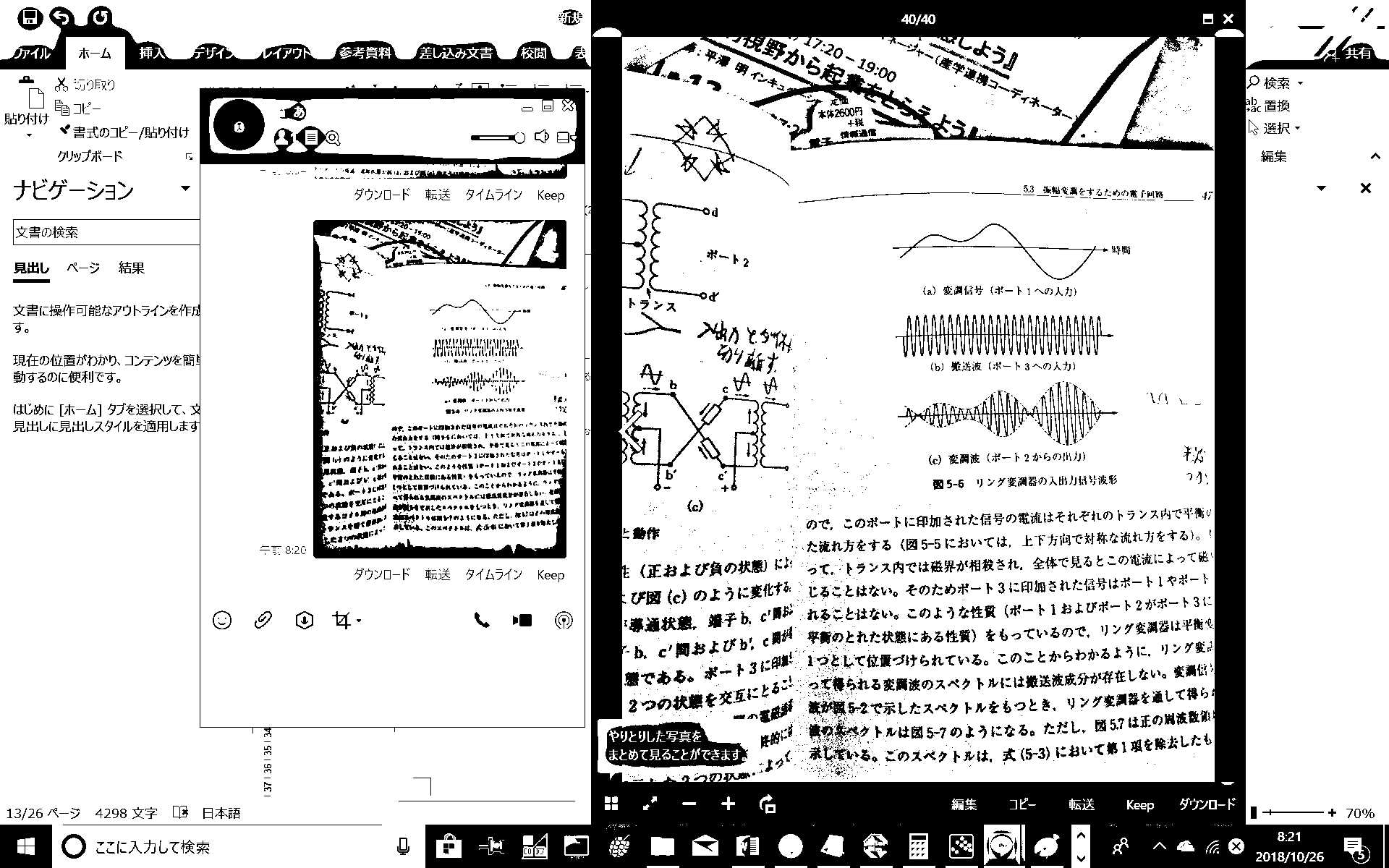
し、これが

ポート3の電気

と合成され、

ポート2側のコイルに磁界を作り、電磁誘導によってポート2側に電気が伝わる。

答え36



リング変調波をフーリエ変換したものは

AM変調波をフーリエ変換したものは

ここで、より、